



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# KONSTRUKCE A VÝROBA STŘIŽNÉHO NÁSTROJE

CONSTRUCTION AND MAKING OF SHEAR TOOLS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Jiří DZIUBAN

VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Jiří Dziuban

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Konstrukce a výroba střížného nástroje**

v anglickém jazyce:

### **Construction and Making of a Shear Tools**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod.
2. Konstrukční etapa.
3. Výrobní etapa.
4. Montážní etapa.
5. Ověření funkčnosti přípravku v reálném procesu.
6. Zhodnocení (ekologické hledisko, ekonomické dopady).
7. Diskuze.
8. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Rozbor a řešení technologických procesů pro náročný výrobek dle požadavků zákazníka.

Seznam odborné literatury:

1. ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
2. SUCHY, Ivana. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. P. 730. ISBN 0-07-146271-6.
3. SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a František PROKEŠ. Základy konstruování. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2005. ISBN 80-7204-405-2.
4. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.
5. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 22.11.2013

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
Děkan fakulty

**ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá popisem technologie výroby střížných postupových nástrojů a jejich úpravami. Na rychloběžných lisech vyrábí tyto nástroje konektory pro automobilový průmysl rychlostí až 1350 zdvihů za minutu. Taková výroba vzhledem ke složitosti tvarů a přesným rozměrům s sebou přináší specifické závady. Tato práce popisuje problémy s deformacemi při produkci konektorů, některé jejich příčiny, a předkládá konstrukční úpravy částí nástrojů k jejich odstranění. Všechny navrhované konstrukční úpravy byly aplikovány v praxi a lze je obecně použít u různých nástrojů.

**Klíčová slova**

konstrukce, technologie, stříhání, lisování, konstrukční úprava, konektory

**ABSTRACT**

This Bachelor thesis describes the production technology of cutting progressive dies and their modifications, the high-speed press production of instruments connectors for automotive speeds of up to 1350 strokes per minute. Production of these connectors leads to specific problems with the complexity of shape and exact dimensions. This paper describes the problems and faults found in the production of these connectors, some of their causes, and presents design modifications to remove them. All proposed design modifications have been applied in practice and can be widely applied to various tools.

**Key words**

construction, technology, cutting, stamping, design modifications, connectors

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

DZIUBAN, Jiří. *Konstrukce a výroba střížného nástroje*. Brno 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 50 s. 6 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

### PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **KONSTRUKCE A VÝROBA STŘIŽNÉHO NÁSTROJE** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

-----  
Datum: 29. 5. 2014

\_\_\_\_\_  
JIŘÍ DZIUBAN

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto panu Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky, rady a věnovaný čas při vypracování bakalářské práce.

Děkuji také firmě Beutlhauser Stanztec GmbH, zejména vedoucímu firmy panu Robertu Wernsdorferovi za možnost získání užitečných podkladů k bakalářské práci.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
ABSTRACT.....	4
PROHLÁŠENÍ.....	6
PODĚKOVÁNÍ .....	7
OBSAH.....	8
ÚVOD.....	10
1 KONSTRUKČNÍ ETAPA.....	11
1.1 Stříhání.....	12
1.2 Popis střížného procesu .....	12
1.3 Střížná síla.....	13
1.4 Střížná práce .....	15
1.5 Rozdělení střížných nástrojů.....	16
1.6 Střížníky.....	16
1.7 Střížnice .....	17
1.9 Střížná vůle .....	18
2 VÝROBNÍ ETAPA .....	20
2.1 Materiály používané při výrobě střížných postupových nástrojů .....	20
2.2 Technologie výroby .....	22
2.2.1 Řezání, dělení materiálu .....	22
2.2.2 Frézování .....	23
2.2.3 Broušení .....	24
2.2.4 Nekonvenční metody obrábění .....	26
2.2.5 Elektrojiskrové hloubení.....	26
2.2.6 Elektrojiskrové řezání .....	27
2.3 Tepelné zpracování materiálů .....	28
2.4 Tepelně chemické zpracování materiálů.....	28
3 MONTÁŽNÍ ETAPA .....	29
3.1 Kompletace nástroje .....	29
3.2 Chyby při výrobě a montáži.....	30
3.3 Měření.....	32
3.4 Opravy součástí.....	33
4 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI PŘÍPRAVKU V REÁLNÉM PROCESU.....	35
4.1 Volba a seřízení lisu.....	35
4.2 Odvíječky, navíječky .....	37



4.3 Výsledný produkt střížného postupového nástroje .....	38
5 ZHODNOCENÍ (EKONOMICKÉ A EKOLOGICKÉ HLEDISKO) .....	43
6 DISKUZE .....	45
ZÁVĚR .....	46
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	47
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	48
SEZNAM PŘÍLOH.....	50

## ÚVOD

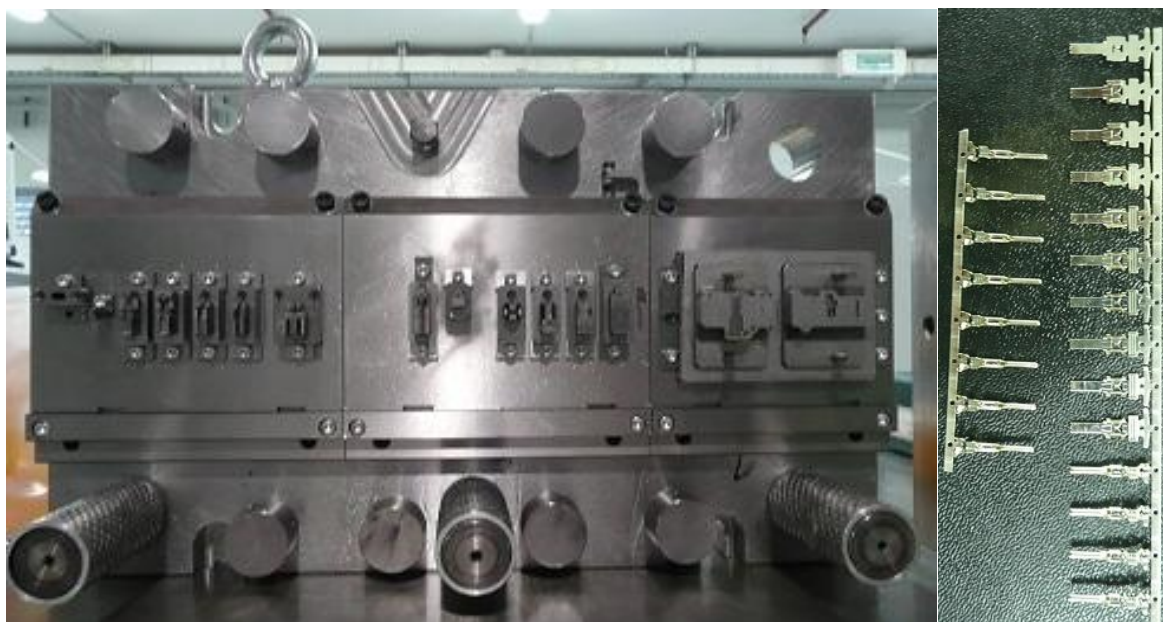
Dnešní automobilová produkce musí uspokojovat zvyšující se nároky zákazníků na kvalitu, vzhled, elektronickou vybavenost a cenu svých výrobků. S tím jsou samozřejmě spojené zvyšující se požadavky automobilových výrobců na přesnost, čistotu provedení jednotlivých komponentů a elektronických součástek, které jsou v dnešní době srdcem i mozkem automobilů. Veškeré tyto součástky jsou zapojeny do funkčních obvodů konektory, které musí splňovat velice přísná kritéria. A to proto, že jsou jimi ovládané veškeré bezpečnostní prvky, jako jsou například bezpečnostní pásy, airbagy, brzdové a kontrolní systémy atd.

Tyto konektory se vyrábějí stříháním na postupových střížných nástrojích (viz obr. 1.1) z pásoviny tl. 0,15 až 0,8 mm, která je převážně pocínovaná slitinou mědi a zinku, popř. ze slitiny niklu a chromu. Při vyšších požadavcích na trvanlivost a malý elektrický odpor se tyto kontakty vyrábí ze základních slitin mědi, nebo zinku a pak pokovují zlatem, stříbrem a dalšími kovy s dobrou elektrickou vodivostí případně odolností proti korozi.

Výroba nástrojů pro stříhání a lisování těchto mnohdy tvarově složitých konektorů klade vysoké nároky na strojovou, softwarovou vybavenost nástrojářen a odbornost všech pracovníků podílejících se na celém procesu výroby od návrhu přes obrábění jednotlivých součástí až po odzkoušení na lisu. V celém procesu se využívají tzv. CAD/CAM systémy, konvenční i nekonvenční technologie výroby.

Tato práce se zabývá rozбором výroby střížných postupových nástrojů, různým řešením jednotlivých technologických postupů a konstrukčních úprav těchto nástrojů, které vyrábí tvarově složité konektory pro automobilový průmysl.

Nejprve je popsána obecná technologie výroby střížných postupových nástrojů s užitím konvenční a nekonvenční technologie výroby jednotlivých součástí. Následně se ověří funkčnost nástroje v reálném procesu s popisem problémů, které nastaly a možnostmi jejich řešení.



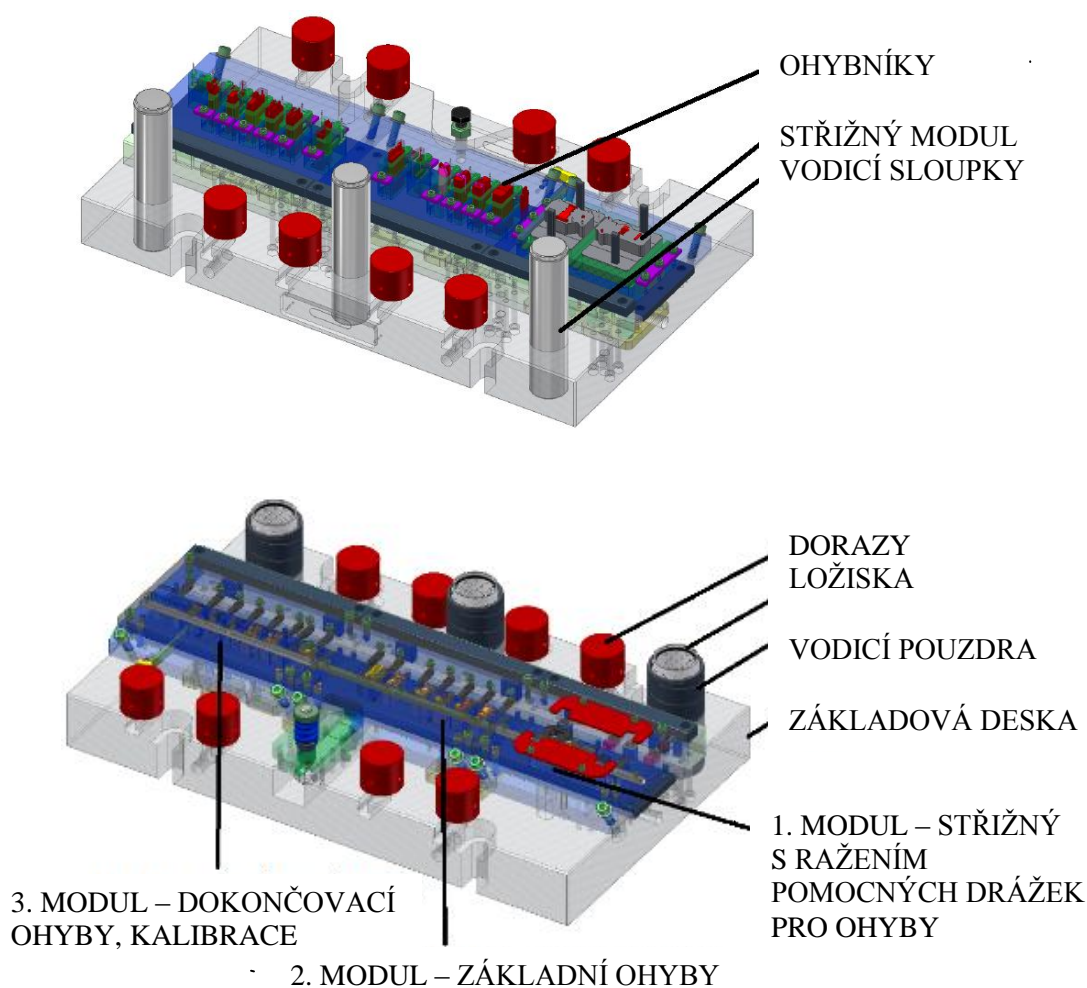
Obr. 1.1 Střížný nástroj a produkt - konektor na postupovém pásku.

## 1 KONSTRUKČNÍ ETAPA

Střížný postupový nástroj je zkompleťován z mnoha dílčích součástí. Tyto jednotlivé díly jsou vyrobeny z různých materiálů, to je definováno jejich funkcí, požadovanou odolností vůči opotřebení a to vše v porovnání s cenou.

Při konstrukci nástrojů se řeší mnoho geometrických, technických i technologických problémů, které jsou způsobeny jak kvalitou konstrukčního návrhu nástroje, tak i například univerzálností nástroje. V jednom nástroji lze vyrábět různé výrobky a to někdy i současně.

Samotnou konstrukci nástroje lze provést mnoha technickými řešeními. Ta závisí zejména na přání zákazníka, ceně, časové náročnosti výroby jednotlivých komponentů, požadované životnosti, přesnosti finálního výrobku, ale i na strojové vybavenosti a organizačních možnostech nástrojárny. Příklad konstrukce střížného postupového nástroje je na obr. 1.1. Nástroj má zdvih 25 mm a je rozdělen na 3 moduly dole i nahoře, které lze při seřizování, přestavbách a opravách velmi snadno demontovat. Takto byla konstrukce zvolena zejména vzhledem k vysoké rychlosti 800 zdvihů za minutu a snadné vyměnitelnosti dílů.



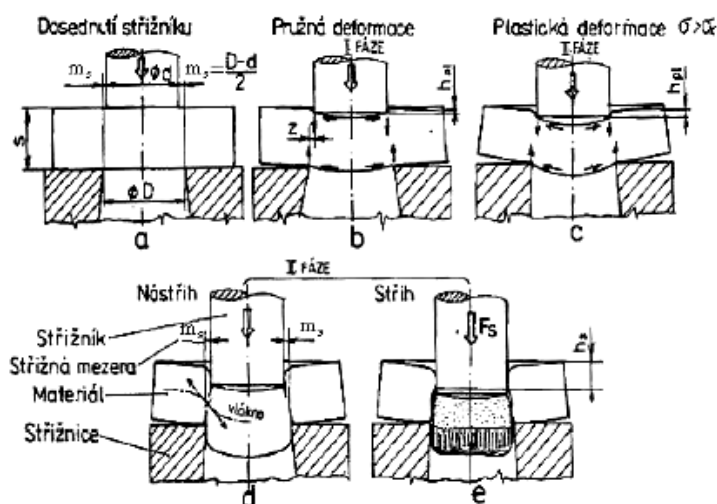
Obr. 1.1 Příklad konstrukce střížného postupového nástroje.

## 1.1 Stříhání

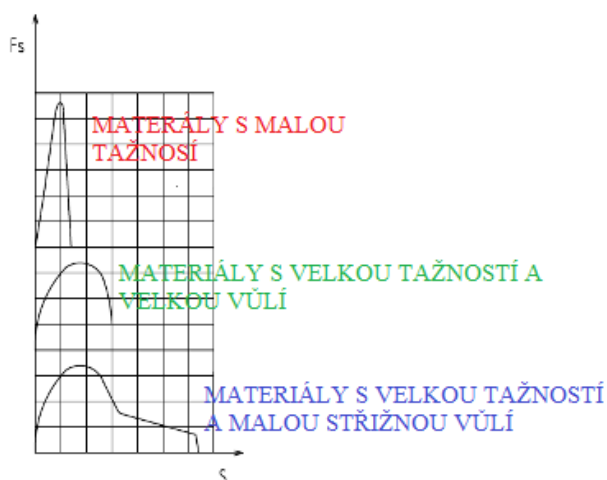
Stříhání je nejrozšířenější technologií plošného tváření a je určeno k dělení materiálu. K tomu slouží střížné nástroje, případně střížné kombinované s ohybovými nástroji. Principem je překročení meze pevnosti působením plochy střížníku na materiál a odstřížením, nebo zatlačením odstřížku do střížnice [1].

## 1.2 Popis střížného procesu

Střížný proces probíhá v plastické oblasti, která je definovaná střížnou mezerou mezi střížníkem a střížnicí – střížnou vůlí (obr. 1.2). Působením střížné síly je materiál oddělován a ta má až do jeho odtržení vzrůstající tendenci. Síla pak klesá rychle k nule. Rychlost poklesu je závislá na stříhaném materiálu, konstrukci střížných hran a odporech, které působí proti zasunutí ustříženého materiálu do střížnice (obr. 1.3) [1].



Obr. 1.2 Průběh stříhání s normální vůlí [2].



Obr. 1.3 Průběh střížných sil v závislosti na tažnosti materiálu [1].

### 1.3 Střížná síla

Pro překonání soudržnosti materiálu musí dosáhnout přetvárný odpor  $\sigma_p$  ve střížné ploše meze pevnosti v tahu  $R_m$  (1.1) [4].

$$\sigma_p = R_m \quad (1.1)$$

Střížné napětí:

Napětí  $\tau_s$  je zároveň deformačním odporem ve stříhu, který se nazývá střížný odpor. Ten zahrnuje vliv mechanických vlastností stříhaného materiálu a tvaru střížné plochy (1.2) [4].

$$\tau_s = \sigma_1 = 0,77 \cdot R_m \quad (1.2)$$

Na základě vztahu 1.2 a geometrických podmínek stříhu vyplývá vztah pro střížnou sílu při děrování (1.3) [4].

Střížná síla:

$$F_{stř} = n \cdot L \cdot (S_0 - h_s) \cdot \tau_s = (1 \text{ až } 1,3) \cdot (S_0 - h_s) \cdot L \cdot 0,77 \cdot R_m \quad (1.3)$$

kde:  $n = (1 \sim 1,3) [-]$  - Zvyšující koeficient, vliv vnějších podmínek při stříhání (nerovnoměrnost tloušťky plechu, napjatosti, otupení střížných hran)

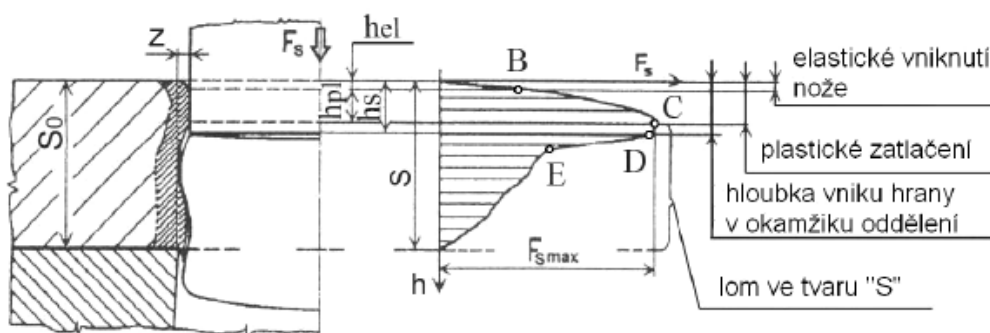
$L$  [mm] - obvod střížníku

$h_s$  [mm] - hloubka vniknutí střížné hrany

$R_m$  [Mpa] - mez pevnosti v tahu

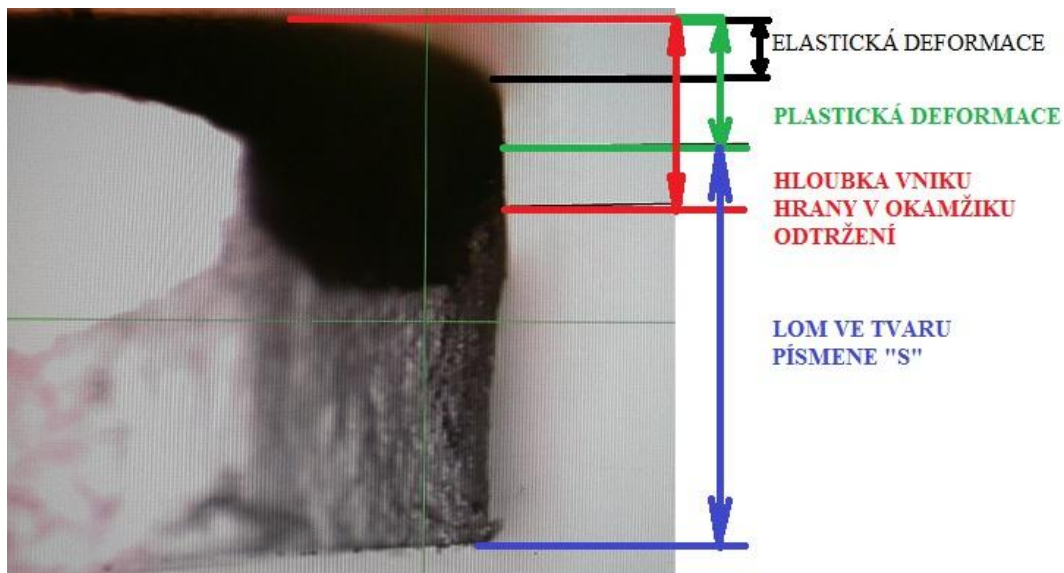
K plastické deformaci – přetvoření dochází na krátké dráze vniknutí břitu a napěchováním materiálu pod ním. I přes zmenšující se stříhanou plochu narůstá síla vlivem lokálního zpevnění. Plynulý mírný pokles až do hloubky vniknutí  $h_s$  nastává po vzniku nástříhu (první porušení trhlinami). Poté dojde k porušení materiálu a lomu ve tvaru písmene S. Zpevněná plocha dosahuje 20 až 30 % tloušťky stříhaného materiálu.

Střížná práce při stříhání rovnoběžnými střížnými hranami je dána plochou pod křivkou střížné síly (viz obr. 1.4) [4].



Obr. 1.4 Charakteristický průběh střížného procesu a střížné síly [4].

Na mikroskopem zvětšeném výstřižku (obr. 1.5) je vidět skutečný tvar střižené plochy a hloubka vniknutí hrany střižníku v okamžiku odtržení. Tato hloubka není stejná, to je způsobeno rádiusem mezi boční a čelní stěnou střiženého materiálu.



Obr. 1.5 Skutečný tvar střižené plochy, materiál tloušťky 0,4 mm.

Určení celkové střižné síly při přesném vystřihování je součet střižné, protlačovací a stírací síly (viz vztah 1.4) [5].

$$F_c = F_s + F_{st} + F_{pr} \quad (1.4)$$

kde:  $F_s$  [N] - střižná síla  
 $F_{st}$  [N] - stírací síla  
 $F_{pr}$  [N] - protlačovací síla

Obecný vztah pro určení střižné síly při stříhání paralelními noži (viz vztah 1.5) [5].

$$F_s = c_3 \cdot S \cdot \tau_s \quad (1.5)$$

kde:  $c_3$  [-] - součinitel otupení břitu (1,1 – 1,3)  
 $S$  [mm<sup>2</sup>] - plocha stříhu  
 $\tau_s$  [MPa] - mez pevnosti ve stříhu (80 – 85% Rm)

Stírací síla (1.6) [5].

$$F_{st} = c_1 \cdot F_s \quad (1.6)$$

kde:  $c_1$  [-] - součinitel stírání

Protlačovací síla se vypočítá ze vztahu 1.7 [5].

$$F_{pr} = c_2 \cdot F_s \quad (1.7)$$

kde:  $c_2$  [-] - součinitel protlačování

Hodnoty součinitelů stírání a protlačování pro některé materiály jsou uvedené v tabulce 1.1.

Tab. 1.1 Hodnoty součinitelů  $c_1$  a  $c_2$  [5].

Materiál	Tloušťka mat.	$c_1$	$c_2$
Ocel	do 1 mm	0,02 – 0,12	0,005 – 0,08
	1 – 5 mm	0,06 – 0,16	
	nad 5 mm	0,08 – 0,20	
Mosaz	-	0,06 – 0,07	0,04
Slitiny Al	-	0,09	0,03 – 0,04

#### 1.4 Střížná práce

Střížná práce vykonaná při stříhání rovnoběžnými střížnými hranami je dána plochou pod křivkou střížné síly (viz obr. 1.4) a vypočítá se dle vztahu 1.8 [4].

$$A = \lambda \cdot F_{s \max} \cdot S \quad (1.8)$$

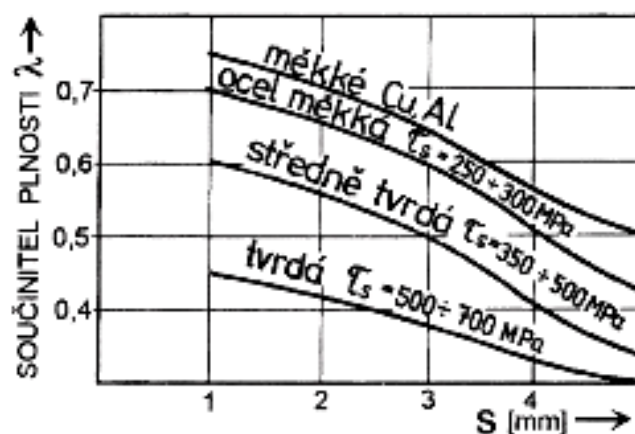
kde:  $A$  [J] - střížná práce

$\lambda$  [-] - součinitel plnosti

$S$  [mm] - tloušťka materiálu

$F_{s \max}$  [N] - maximální střížná síla

Hodnotu součinitele plnosti  $\lambda$  v závislosti na tloušťce stříhaného polotovaru pro některé materiály lze odečíst z grafu na obr. 1.6.



Obr. 1.6 Graf součinitele plnosti  $\lambda$  v závislosti na tloušťce materiálu [4].



### 1.5 Rozdělení střížných nástrojů

Dle způsobu stříhání, sériovosti výroby a použité konstrukce lze nástroje rozdělit [1]:

- Střížné nástroje bez vedení  
Tyto nástroje se používají k děrování, odstříhování součástí pro malé série, stříhání silnějších pásů plechů.
- Střížné nástroje s vedením  
Slouží pro tváření složitějších výrobků, děrovaných, nebo stříhaných po obvodu v postupových a postupových sdružených nástrojích. Ty lze rozdělit na:
  - ostříhovací,
  - postupové,
  - postupové sdružené.
- Univerzální střížné nástroje  
Používají se u skupinových technologií, jsou v nich vyměnitelné funkční části, nebo jsou přestavitelné pomocí dorazů.
- Nástroje pro malé série  
Hodí se pro středně velké a méně složité výrobky a dělí se na:
  - pinzetové nástroje,
  - klasické nástroje,
  - lištové nástroje,
  - nástroje s litou střížnicí a upínací deskou.
- Nástroje pro přesné stříhání a přistříhování

### 1.6 Střížníky

Střížníky jsou protikusem střížnice a podle technologického použití se rozdělují [1]:

- odstříhovací a přestříhovací,
- vystříhovací a prostříhovací,
- odstříhovače.

Odstříhovací střížníky se používají při oddělování odpadu na obvodu rozměrných výtažků. Jsou vyrobeny buď celé z nástrojové oceli, nebo vložkované. Tento druh střížníků se také používá pro příčné dělení pásu, nebo svitku při stříhání výstřížků do takzvaných řetízků. Používají se nejčastěji v poslední operaci při oddělování výstřížků z nosného pásu, nebo při stříhání odpadu.

Střížníky vystříhovací a zastříhovací se používají při vystříhování obrysů do děrovaného polotovaru. Jejich děrovací poměr  $s/d$  je velmi variabilní a používá se mnoho variant jejich provedení. Použití určité varianty záleží na takzvaném štíhlostním poměru. U štíhlých střížníků se provádí kontrola na vzpěr [1].



Pro kontrolu na vzpěr u válcových střížníků bez vedení se používá vztah 1.9.

$$F = \pi \cdot d \cdot t \cdot k_s = \frac{0,05 \cdot \pi \cdot E \cdot d^4}{l^2} \quad (1.9)$$

kde: F [N] - střížná síla  
 $k_s$  [MPa] - střížný odpor  
 l [mm] - délka střížníku  
 $E$  [MPa] - Youngův modul pružnosti v tahu

V případě použití vedeného střížníku se kontrola provede dle vztahu 1.10.

$$F = \frac{0,1 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot d^4}{l^2} \quad (1.10)$$

Použití nevedených střížníků je od děrovacího poměru  $s/d > 0,7$  a délky střížníku  $l/d < 4$ . Konstrukce je většinou válcová, tvarově neosazená, nebo osazená ve funkční části střížníku [1].

### 1.7 Střížnice

Střížnice je funkční částí střížného nástroje a je upevněna buď přímo, nebo nepřímo na základové desce. Dle tvaru, velikosti a technologie výroby je střížnice zhotovena z jednoho kusu, nebo skládaná. A to v případě stříhání složitějších výrobků, popřípadě tváření ve více operacích [1]. Tvary a použití střížných hran jsou uvedeny v tabulce 1.2.

Tab. 1.2 Tvar střížných hran střížnice [1]

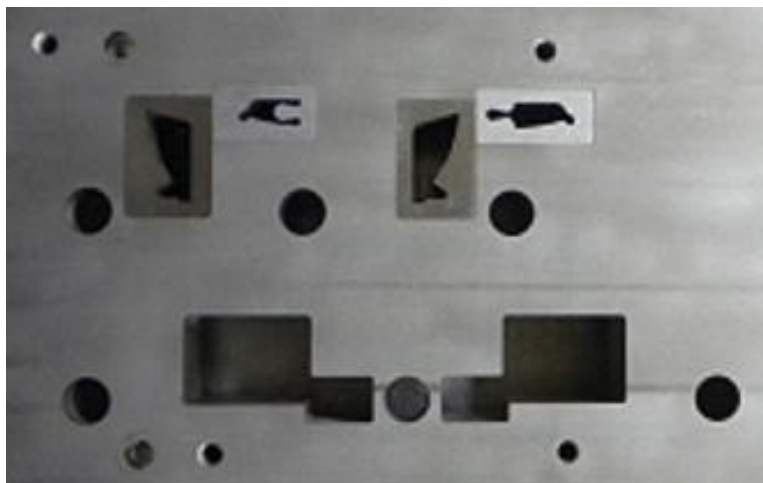
Tvar střížné hrany	Použití
Kónický	Pro stříhání malých součástí střední přesnosti se úhel zvětšuje o 10' (pro tl. 0,1 mm) do 1° (pro tl. 6 mm).
Kónický s fazetkou	Pro přesné tvarově složité součásti. Šířka fazetky je od 3 mm (pro tl. < 0,5 mm) do 15 mm (pro tl. 10 mm). Úhel kónusu 3° až 5°.
Válcový	Pro střížnice při použití vyhazovače a pro přesné stříhání s nátlakovou hranou.

Střížnice vyrobená z jednoho kusu má mimo střížné části také otvory pro dorazy, boční odstřihovače, připevňovací a středící elementy. Tyto střížnice musí být konstruovány tak, aby můstek dělicí jednotlivé střížné tvary byl odolný vůči praskání při tepelném zpracování a snášel střížné odpory.

Střížnice složitějších tvarů a větší než 200 mm se konstruují dělené. Obvod střížnice se rozdělí na několik částí, které se zajistí kolíky a šrouby, nebo se zalisují do měkké nekalené střížnice. Funkční délky vložek by neměly být delší než 250 až 300 mm a to vzhledem k deformaci při tepelném zpracování.

Kromě kalených střížnic se používá i měkkých, které mají na střížné ploše návary ze samokalitelných slitin. Používají se pro velkorozměrné střížné nástroje a jejich výhodou je snadná opravitelnost. Jsou vhodné zejména tam, kde se bude opravovat střížný obvod a u stříhání poměrně tenkých plechů.

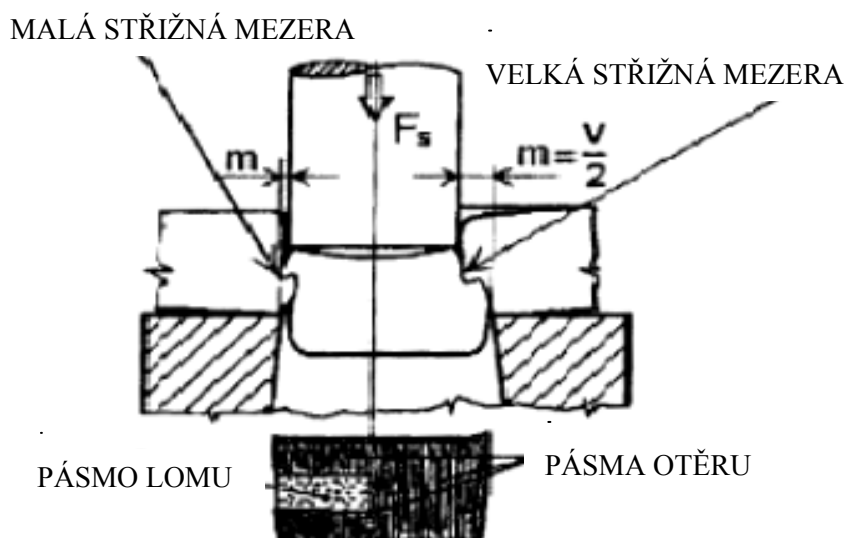
U menších nástrojů je velmi časté osazení vložkami kalenými, nebo ze slinutých karbidů. Nejčastěji je střížná deska vyrobena z oceli 11 500 dle ČSN a jednotlivé vložky se zasazují do vyfrézovaných otvorů (viz obr. 1.7). Vložky se zajistí proti vypadení buď zalisováním s uložením H7/n6, nebo osazením vnějšího průměru, případně se zajistí vodicí lištou.



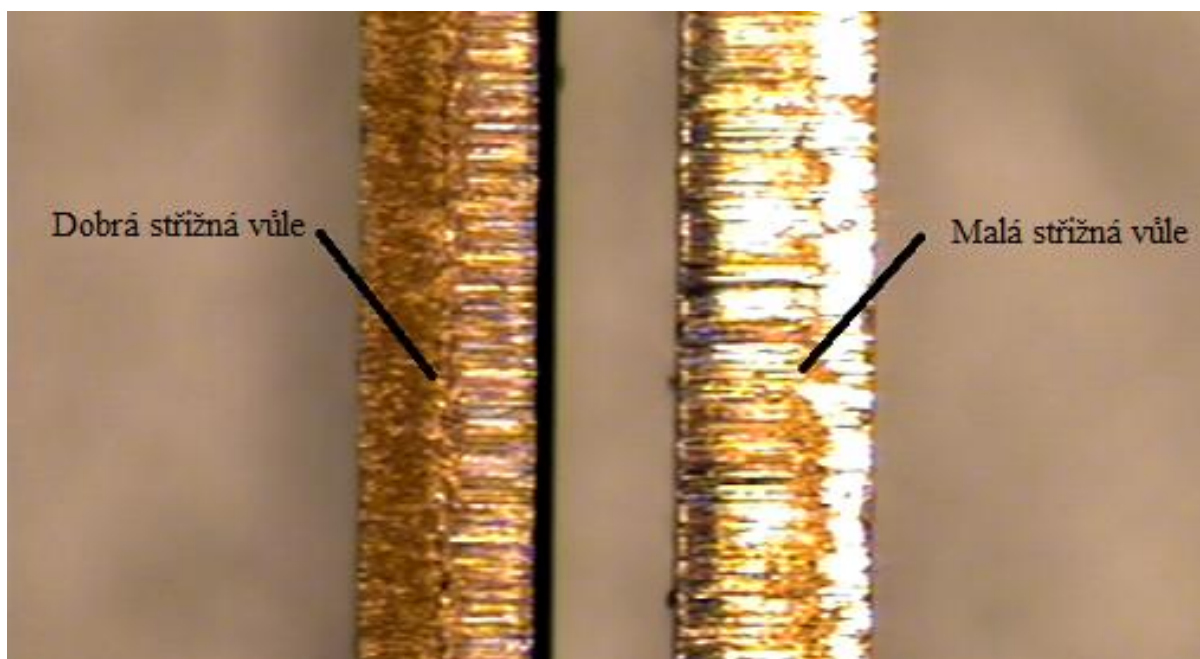
Obr. 1.7 Deska se střížnými vložkami.

### 1.9 Střížná vůle

Největší vliv na kvalitu střížné plochy a trvanlivost střížných částí nástroje má střížná vůle ( $v$ ). U jednostranného stříhání se jedná o střížnou mezeru  $m = \frac{v}{2}$  (viz obr. 1.8) [4]. Pokud je střížná vůle optimální, dochází při vniku střížníku do materiálu ke spojování trhlinek vznikajících od střížných hran a plocha má pak minimální otřep. Na obrázku 1.9 jsou názorně vidět plochy, které byly stříženy s malou a optimální střížnou vůlí.



Obr. 1.8 Stříhání s malou a velkou střížnou vůlí [4].



Obr. 1.9 Skutečný stříh materiálu tl. 0,32 mm s malou a dobrou střížnou vůlí.

Malá střížná vůle má vliv na zvýšení střížné síly a práce. Čím je vůle menší, tím se zvyšuje střížná síla i práce, která může vzrůst až o 40 %.

Velká střížná vůle způsobuje špatnou kvalitu střížné plochy. Při vnikání střížníku do materiálu se vznikající trhlinky od střížných hran nespojují a materiál se utrhne.

Velikost střížné mezery ( $m = \frac{v}{2}$ ) je závislá na tloušťce stříhaného materiálu a vypočítá se ze vztahů 1.11 a 1.12.

Pro plechy do 3 mm:

$$m = 0,32 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{\tau_{PS}} \quad (1.11)$$

Pro plechy nad 3 mm:

$$m = 0,32 \cdot (1,5 \cdot c \cdot s - 0,015) \cdot \sqrt{\tau_{PS}} \quad (1.12)$$

- kde:
- |                   |   |  |
|-------------------|---|--|
| $m$ [mm]          | - | střížná mezera                                 |
| $c$ [-]           | - | koeficient = 0,005 až 0,035 pro běžné stříhání |
| $s$ [mm]          | - | tloušťka stříhaného materiálu                  |
| $\tau_{PS}$ [MPa] | - | pevnost ve stříhu, $\tau_{PS} = 0,77R_m$       |

## 2 VÝROBNÍ ETAPA

Celková náročnost výroby nástroje je v první řadě závislá na použitých materiálech pro jednotlivé díly. Volba materiálů pak ovlivňuje celkovou technologii výroby a potažmo i cenu nástroje. Proto je, a v minulosti byla, věnována velká pozornost vývoji nástrojových materiálů, které pak mají zásadní vliv na odolnost a trvanlivost jednotlivých součástí.

### 2.1 Materiály používané při výrobě střižných postupových nástrojů

Pro výrobu různých částí nástrojů dle jejich funkce se užívají následující materiály [5]:

- Konstrukční oceli - používají se pro výrobu především méně namáhaných součástí nástroje, u kterých jsou rozhodujícím faktorem mechanické vlastnosti materiálu. Základní, vodící desky a podobně (viz obr. 2.1):
  - neušlechtilé,
  - zušlechťovatelné,
  - cementační.



Obr. 2.1 Vodící deska z cementační oceli.

- Nástrojové oceli - slitiny železa, karbidu železa a prvků ovlivňujících mechanické a strukturní vlastnosti. Použití u funkčních částí nástroje jako jsou ohybníky, razníky, střižnice, střižníky, tlačné a kotevní desky atd. (viz obr. 2.2):
  - nelegované uhlíkové,
  - středně legované,
  - vysoce legované,
  - oceli k cementování.



Obr. 2.2 Střižnice a ohybová vložka z vysoce legované nástrojové oceli.

- Litiny - pro málo namáhané součásti nástroje. Vzhledem ke grafitové struktuře je litina samomazná a nachází využití u vodících částí nástroje a tam, kde jsou díly namáhány malým tahovým a ohybovým napětím (viz obr. 2.3):
  - šedá litina s lupínkovým grafitem,
  - očkovaná,
  - tvárná.



Obr. 2.3 Litinový vodící stojánek.

- Slinuté karbidy - používají se k výrobě funkčních částí jako jsou střižníky, střižnice, ohybníky s vysokým tlakovým namáháním (viz obr. 2.4). Nejsou vhodné pro tahové a ohybové namáhání. Tyto materiály jsou sice mnohem dražší než například nástrojové oceli, ale mají několikanásobně vyšší životnost a díky tomu jsou celkové náklady na výstřižek nižší. Používají se zejména slinuté karbidy skupiny K. Jsou to směsi na bázi wolframu (WC) a kobaltu (Co). Houževnatost je ovlivněna množstvím kobaltu, čím vyšší je množství Co, tím vyšší je houževnatost.



Obr. 2.4 Ohybník s vložkami ze slinutého karbidu v místě s velkým namáháním.

## 2.2 Technologie výroby

Zvolený postup a sled jednotlivých operací při výrobě nástrojů závisí na složitosti součástí a na zvoleném materiálu. Nejdůležitější vlastností materiálů, která ovlivňuje celý výrobní proces, je obrobiteľnosť.

Obrobiteľnosť materiálu je súhrnný vliv chemického složení a fyzikálních vlastností na kvalitu, průběh a ekonomický výsledek procesu řezání [4].

Z hlediska metod obrábění lze výrobu střížných nástrojů rozdělit na konvenční a nekonvenční.

Jako konvenční technologii obrábění lze souhrnně nazvat všechny, které pro oddělení třísky používají nástroj s definovanou geometrií pracovní části. Mezi základní metody lze zařadit frézování, soustružení, vyhrubování, vyvrtávání, vrtání, zahlubování, vystružování, hoblování, obrážení, protahování a protlačování [2].

Nejčastěji používané konvenční metody pro výrobu střížných nástrojů jsou:

- řezání,
- frézování,
- rovinné broušení,
- tvarové broušení.

### 2.2.1 Řezání, dělení materiálu

Výroba každé součásti začíná dělením materiálu, který je definován ve výkresové dokumentaci a technologickém postupu. K tomu se nejčastěji používají pásové pily. Na obrázku 2.5 je pásová pila KLAEGER HBS 265. Dle zvoleného pilového pásu lze řezat i kalené oceli až do tvrdosti 62 HRC. Většinou se však v nástrojárnách na pásových pilách dělí materiál s menší tvrdostí a podle potřeby se pak tepelně upravuje v kalírnách.



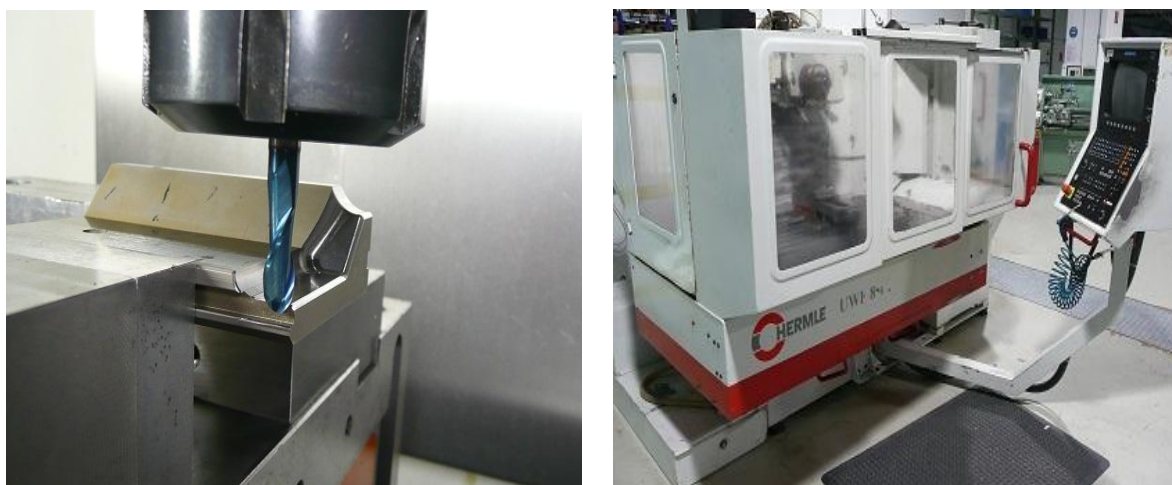
Obr. 2.5 Pásová pila.



### 2.2.2 Frézování

Metoda využívající se pro obrábění rovinných, tvarových i rotačních ploch, drážek různých profilů, závitů a ozubení. Tříska je odebírána břity rotujícího nástroje – frézou [2].

Při frézování je hlavní pohyb rotační, a je konán nástrojem. Jako vedlejší pohyb je posuv, který je přímočarý a vykonává ho obrobek. Většina nástrojáren je dnes již vybavena CNC víceosými obráběcími centry, které plynule mění posuvy ve všech osách zároveň, např. 3D frézování (viz obr. 2.6). Protože každý zub nástroje odřezává krátké třísky proměnlivé tloušťky, je řezný proces přerušovaný.



Obr. 2.6 3D frézování kaleného obrobku na CNC frézce HERMLE UWF 802 H.

Dle polohy osy nástroje k obráběné ploše se frézování dělí:

- Válcové – používají se válcové a tvarové frézy. Zuby jsou pouze po obvodu nástroje. Podle smyslu otáčení nástroje vzhledem k posuvu dělíme válcové frézování:
  - Sousledné – posuv obrobku ve smyslu otáčení nástroje.
  - Nesousledné – posuv obrobku proti smyslu otáčení frézy.
- Čelní – břity jsou umístěny po obvodu i na čele nástroje (ploše kolmé k ose frézy). Vzhledem k poloze osy otáčení k obráběné ploše se dělí:
  - Symetrické – osa otáčení prochází středem frézované plochy.
  - Nesymetrické – osa otáčení je mimo střed obráběné plochy.
- Okružní – frézování vnitřních i vnějších válcových ploch.
- Planetové – obrábění vnějších i vnitřních válcových ploch.

Víceosé CNC frézky jsou v nástrojárnách nepostradatelné. Vzhledem k moderním nástrojům se frézují velmi tvrdé materiály a díky plynulým změnám pohybu v různých osách současně lze obrábět téměř jakékoli tvarové plochy. Tyto plochy jsou přesné a dosahují vysokou kvalitu drsnosti povrchu.

### 2.2.3 Broušení

Je dokončovací abrazivní metoda obrábění používaná tam, kde jsou kladeny velké nároky na rozměrovou přesnost a jakost povrchu. Brousí se materiály, které nelze obrobit jinými metodami, nebo je to ekonomicky i časově výhodnější [2].

Broušení má velmi podobné charakteristiky jako ostatní metody. Nejpodobnější metodou je frézování, ale s velkým kvalitativním i kvantitativním rozdílem. Ten je způsoben vlastnostmi brousícího kotouče, řeznými podmínkami, a také různorodostí geometrického tvaru brusných zrn. Ta jsou nepravidelně rozmístěna po ploše brousícího nástroje, a mají proměnlivý, většinou záporný úhel čela. Broušení probíhá při vysokých řezných rychlostech (30 až 100 m.s<sup>-1</sup>), přičemž průřezy třísky jsou velmi malé (10<sup>-3</sup> až 10<sup>-5</sup> mm<sup>2</sup>).

Způsoby broušení používané v nástrojárnách při výrobě střižných postupových nástrojů:

- Rovinné broušení – broušení ploch z tvrdých materiálů s požadavkem na vysokou přesnost a jakost povrchu. Na obrázku 2.7 je bruska pro rovinné broušení JUNG HF 50.



Obr. 2.7 Bruska pro rovinné broušení JUNG HF 50.

- Tvarové, profilové broušení – obrábění různých tvarových ploch, tvary střižníků z velmi tvrdých materiálů diamantovými kotouči. V některých případech je nutné brousit složité tvary, které by jinou technologií byly nákladné, nebo by výsledné kvalitativní parametry nevyhovovaly požadovaným hodnotám na výkrese. Na obrázku 2.8 je CNC profilová bruska AMADA GLS 5T.





Obr. 2.8 Profilová CNC bruska AMADA GLS 5T.

- Obvodové broušení do kulata – použití pro broušení rotačních součástek. Upínání je buď do kleštiny s volným koncem, nebo podepřeným hrotem jako u soustruhu. Při větších délkách se upíná mezi hroty, součást je podepřená lunetou a rotační pohyb je zajištěn pomocí unašeče. Na obrázku 2.9 je bruska pro obvodové broušení do kulata FAVORIT S20.



Obr. 2.9 Bruska pro broušení do kulata FAVORIT S20.

### 2.2.4 Nekonvenční metody obrábění

U těchto metod se používá nástroj s nedefinovatelnou geometrií pracovní části. Při obrábění se netvoří tříska, protože materiál je ubírán účinky tepelnými, chemickými, případně abrazivními, nebo jejich vzájemnou kombinací. Těmito metodami lze obrábět materiály s vysokou pevností, houževnatostí, tvrdostí a odolností proti opotřebení, které standardními metodami lze jen velice složitě, nebo nehospodárně obrábět (titanové slitiny, superslitiny, slinuté karbidy, keramika atd.).

Obrábění je založeno na principu dvou elektrod ponořených do dielektrické kapaliny (petrolej, lehké strojní, nebo transformátorové oleje, vodní sklo, různé solné roztoky, neionizovaná destilovaná voda). Mezi elektrodami, z nichž jedna je nástroj a druhá obrobek, je elektrickými periodicky opakujícími se výboji odtavován materiál ve formě mikročástic [6].

Z těchto metod se nejčastěji v nástrojárnách pro výrobu střížných nástrojů používá elektroerozivní obrábění, které se dělí:

- elektrojiskrové hloubení,
- elektrojiskrové řezání.

### 2.2.5 Elektrojiskrové hloubení

Je základním typem elektroerozivních metod obrábění. Používá se při obrábění tvarově složitých vnějších, ale hlavně vnitřních ploch tvářecích zápustek, forem pro lití, střížných nástrojů, nástrojů pro lisování plastů atd.

K obrábění slouží nástrojová elektroda, která má negativní tvar obráběné plochy. Řídicí systém stroje posouvá automaticky elektrodu proti obrobku a udržuje konstantní velikost jiskrové mezery. Elektrické výboje kopírují tvar elektrody do obrobku.

Nástrojové elektrody musí splňovat určité požadavky na výrobu a cenu vzhledem k použitému materiálu. Ten musí mít vysokou elektrickou vodivost, dobrou obrobitelnost, vysoký bod tavení a dostatečnou pevnost vzhledem k deformaci při obrábění. Vyrábí se nejčastěji obráběním, lisováním, litím, práškovou metalurgií, stříkáním a galvanoplastikou. Určujícím faktorem trvanlivosti je rychlost opotřebení rohů elektrody [6].

Materiály pro výrobu nástrojových elektrod:

- Grafit – nejčastěji používaný materiál, je dobře obrobitelný s nízkým opotřebením. Nevýhodou je znečišťování hloubicího stroje.
- Měď – má dobrou el. vodivost a nízké opotřebení. Je vhodná pro obrábění karbidu wolframu. Drsnost obrobenej plochy dosahuje hodnot menších než 0,5  $\mu\text{m}$ .
- Měď – wolfram a stříbro – wolfram; - drahé materiály používané pro výrobu elektrod slinováním wolframu s mědí, nebo se stříbrem. Používá se na hluboké drážky. Vzhledem ke křehkosti nelze po slinování elektrody dále tvarovat.
- Měď – grafit; - vhodný pro obrábění karbidu wolframu, je však 1,5 až 2krát dražší než grafit.
- Mosaz – levnější a snadno obrobitelný materiál, avšak podléhá rychlému opotřebení.
- Wolfram – pro výrobu malých děr o průměru menším než 0,2 mm.

Na obrázku 2.10 je elektroerozivní vysokorychlostní vrtačka CHARMILLES HD 30 CNC pro výrobu otvorů a startovacích otvorů pro elektrojiskrové řezání.



Obr. 2.10 Elektroerozivní vrtačka CHARMILLES HD 30 CNC.

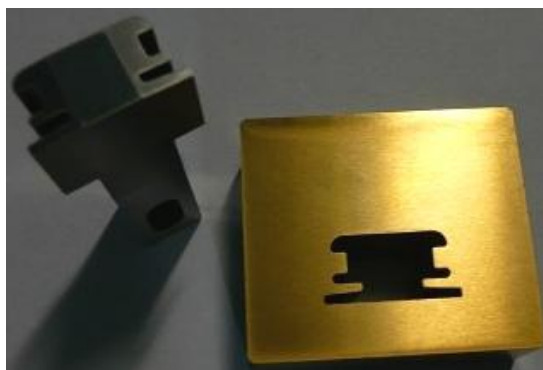
### 2.2.6 Elektrojiskrové řezání

Nejčastěji používaná metoda pro výrobu součástí do střížných a lisovacích nástrojů.

Řezání tvarů a otvorů z velmi tvrdých, elektricky vodivých materiálů - slinutých karbidů, el. vodivých keramických materiálů SiC, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, kalených ocelí, titanových slitin, superslitin atd. Nástrojovou elektrodou je tenký drát, který se kvůli opotřebení průběžně odvíjí z cívky a přes vodící zařízení prochází místem řezu. Drát je napínán konstantní tahovou silou a vše probíhá v prostoru zalitém dielektrickou kapalinou [6].

Dráty jsou vyráběny z mědi a jejich slitin, nejčastěji z mosazi, pro velmi jemné řezy z molybdenu. Průměry drátů jsou 0,03 až 0,35 mm. Velmi časté je použití povlakovaných drátů s jádrem ze slitiny mědi (např. Cu-Cr, Cu-Zr, Cu-Ag, Cu-Sn, Cu-Sn-In) a povlakem obsahujícím vysoké procento zinku. Díky jádru lze pracovat s vysokými reznými rychlostmi a povlak zajišťuje dobrou jakost povrchu obrobené plochy [6].

Pohyb stolu s upnutým obrobkem je řízen CNC systémem a lze jej naklápět v rozsahu 0 až 30 °. Tím je umožněno řezání kuželovitých otvorů i složitějších tvarů (viz obr. 2.11). Na obrázku 2.12 je drátová řezačka AGIE CHARMILLES CUT 3000 a detail upínacího stolu v drátové řezačce.



Obr. 2.11 Střížník a střížnice obrobené elektrojiskrovým řezáním.



Obr. 2.12 Drátová řezačka AGIE CHARMILLES CUT 3000.

### 2.3 Tepelné zpracování materiálů

Jednotlivé části střížného nástroje musí splňovat určité mechanické vlastnosti [7]. U ohybníků, střížníků atd. je požadovaná velká tvrdost na povrchu a současně také vnitřní houževnatost. Těchto vlastností se docílí následujícím tepelným zpracováním:

- Kalení – tento proces tepelného zpracování se skládá z ohřevu na kritickou teplotu, což je hranice přeměny určitých strukturálních složek a závisí na obsahu uhlíku v oceli. Po dosažení této teploty a krátkém setrvání se materiál prudce zchladí. Na rychlosti ochlazení je závislá výsledná tvrdost. Rychlejším ochlazením získáme vyšší tvrdost, ale současně se zvyšuje vnitřní pnutí a křehkost materiálu. Ochlazení se provádí vodou, olejem nebo vzduchem.
- Žihání – pomalé a rovnoměrné ohřátí, po kterém následuje výdrž na dané teplotě s pomalým ochlazením v peci. Tímto způsobem se dosáhne snížení vnitřního pnutí a rovnovážného stavu ve struktuře materiálu, který je pak vhodný k obrábění a tváření za studena. Podle teploty se žihá s překrystalizací (normalizační žihání, odstranění nestejných struktur po předchozím zpracování) nebo bez překrystalizace (nedochází k fázovým změnám jednotlivých struktur).

### 2.4 Tepelně chemické zpracování materiálů

U ocelí s vysokou houževnatostí s poměrně nízkým obsahem uhlíku se vhodně upraví chemické složení povrchové vrstvy a tím se docílí výborných vlastností dané součásti. Při této úpravě nastávají jak strukturní změny v materiálu, tak i chemické změny v povrchových vrstvách. Základními tepelně chemickými druhy zpracování jsou [7]:

- Nitridování – sycení povrchu materiálu dusíkem. Dosahuje se různých požadovaných vlastností a dle účelu lze nitridování rozdělit pro:
  - zvýšení odolnosti proti korozi,
  - zvýšení meze únavy,
  - zvýšení tvrdosti a odolnosti povrchu proti opotřebení.
- Cementování – sycení povrchové vrstvy oceli v tuhém stavu uhlíkem. Dosahuje se vysoké povrchové tvrdosti s poměrně houževnatým jádrem. Používá se u součástí s dynamickým namáháním. Pro zvýšení odolnosti proti opotřebení a zvýšení meze únavy se součásti ještě dodatečně kalí. Cementují se ušlechtilé konstrukční oceli se středním obsahem uhlíku 0,1 až 0,18 %.

### 3 MONTÁŽNÍ ETAPA

Montáž je důležitou závěrečnou etapou procesu výroby střížného postupového nástroje před jeho odzkoušením ve výrobě. V této fázi se musí vše velmi pečlivě zkompletovat, protože na přesném sestavení nástroje je závislá jeho funkčnost a kvalita součástí, které na něm budou vyráběny.

#### 3.1 Kompletace nástroje

Tato závěrečná část výroby střížného postupového nástroje probíhá v nástrojárně na dokončovacím pracovišti. Zde se sejdou veškeré jednotlivé části z výroby a normované díly, které se pro značnou úsporu na čase a vybavenosti nástrojárny objednávají u specializovaných firem.

Jednotlivé součásti se nejprve rozdělí dle funkčnosti, pořadí montáže a zkontrolují, jestli je vše ve shodě s výkresovou dokumentací. Následně se vše skládá podle výkresové sestavy.

- Základové desky – první a stěžejní části nástroje při montáži, do kterých se zalisují vodicí sloupky a tvoří nosnou formu celého nástroje. Vodicí sloupky a pouzdra se dodávají jako normované díly a lisují se do frézovaných nebo vrtaných otvorů s uložením H7/h6 nebo H6/f5 [3]. Vzhledem k hmotnosti a mechanickým vlastnostem jsou dnes již tyto desky vyráběny převážně ze slitin hliníku např. EN AW 7020 [8]. Na obrázku 3.1 je základová deska s otvory pro odpady i veškeré upínací a středící elementy. Vodicí sloupky a pouzdra se zajišťují lepidlem např. LOCTITE 603 [9], nebo mohou být proti pohybu jištěny šrouby.

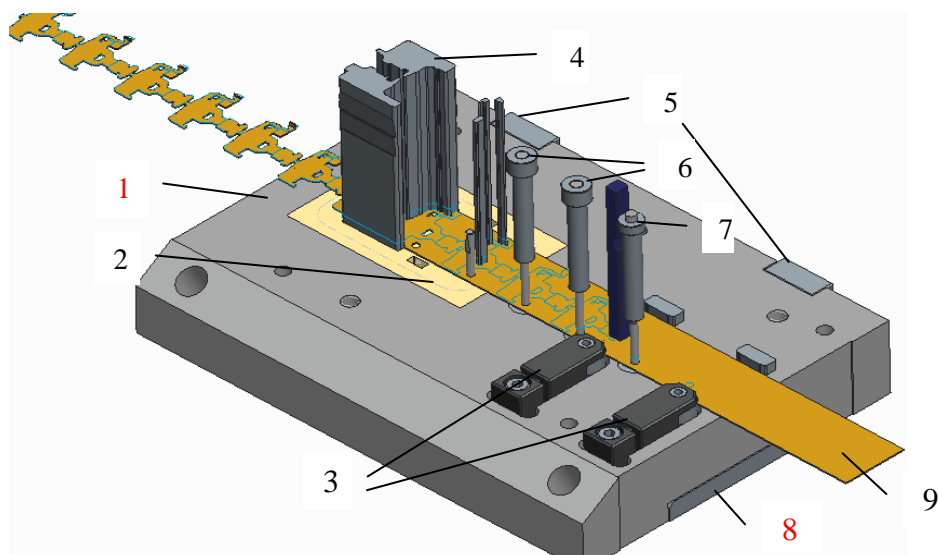


Obr. 3.1 Základová deska z hliníkové slitiny EN AW 7020.

- Kotevní deska – po odstranění veškerých ostřin a po dokonalém očištění základové desky přijde na řadu kotevní deska (viz obr. 3.2). Poloha je zajištěna kolky a se základnou spojena šrouby. Používají se většinou šrouby s vnitřním šestihranem a válcovou hlavou se zvýšenou pevností černěné, nerezové nebo s žározinkovou povrchovou úpravou.
- Opěrná deska – tato část nástroje slouží jako dosedací plocha pro veškeré části, které jsou upnuty v kotevní desce. Opěrná deska je přišroubovaná a zajištěna kolky



buď v drážce základové desky, nebo v kotevní desce (viz obr. 3.2). To záleží na konstrukci nástroje. Slícování této desky musí být velice přesné, a to  $\pm 0,005 \text{ mm}$ . Tato tolerance musí být dodržena vzhledem k přesné celkové (stavební) výšce nástroje, protože má zásadní vliv na lisování výsledného konektoru.

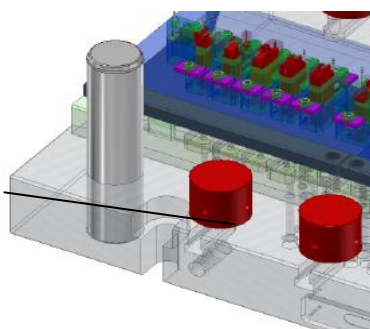


1 – kotevní deska, 2 – střížnice, 3 – vedení materiálu, 4 – tvarové střížníky, 5 – středící kameny, 6 – hledáky s pouzdry, 7 – střížník hledákové díry s pouzdem, 8 – opěrná deska, 9 – stříhaný materiál

Obr. 3.2 Kotevní deska.

- Dorazy – u postupových střížných nástrojů se používají opěrné dorazy a slouží k fixaci stavební výšky nástroje ve složeném stavu. Bývají upevněny buď šrouby, nebo pomocí T- drážky (viz obr. 3.3). Při provozu nástroje určují výšku beranu stroje.

DORAZY UPEVNĚNÉ  
POMOCÍ T-DRÁŽKY



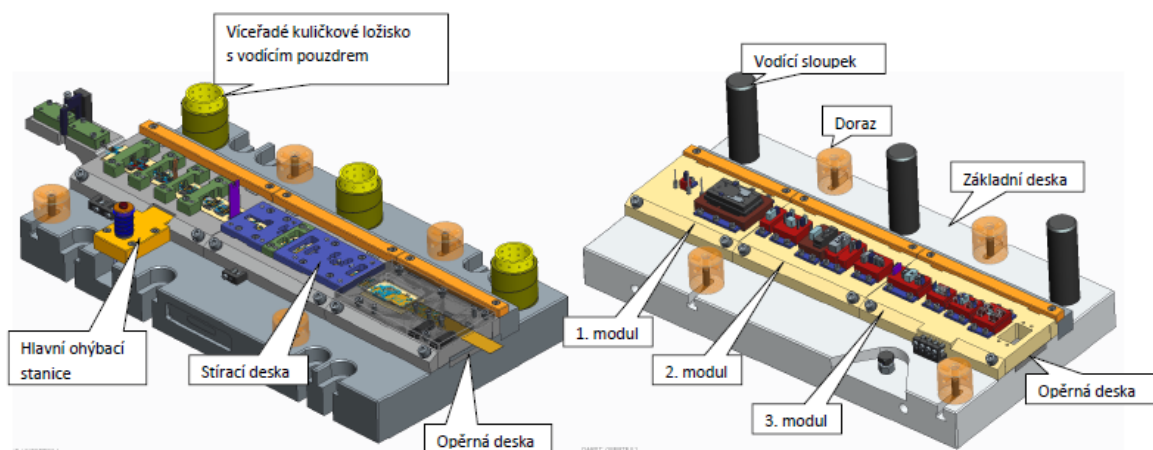
Obr. 3.3 Detail upevnění dorazů.

### 3.2 Chyby při výrobě a montáži

Během výrobního procesu nástroje vzniká celá řada chyb, které je nutno při kompletaci odstranit. Tyto chyby jsou způsobeny jak konstrukčními, tak i výrobními vlivy.

- Konstrukční vlivy – špatně zvolený počátek měření (nula) na výkresech, nebo chybný součet tolerancí. Nevhodně zvolená technologie obrábění např. elektrojiskrové hloubení místo 3D frézování apod.

- Výrobní vlivy – nepřesnosti obráběcího stroje, špatně zvolený technologický postup, chyba obsluhy.
- Montážní chyby – nedostatečné sražení vnějších hran u součástí jakými jsou střižné a ohýbací vložky, které musí přesně pasovat do pro ně připravených otvorů. Čistota ploch atd. Pracovní délka nástrojů je často i přes 1000 mm a skládá se z několika funkčních modulů, které mají více pracovních stanic (viz obr. 3.4). Nepřesnosti při montáži jednotlivých stanic se sčítají, proto je nutné sestavovat nástroj velice pečlivě a neustále vše kontrolovat.



Obr. 3.4 Střižný postupový nástroj.

Jednotlivé stanice (ohybové vložky, střižnice, střižníky atd.) by měly být konstruovány tak, aby se vyloučila lidská chyba při montáži, metoda v provozech nazývána POKA-JOKE. Součásti se konstruuji tak, aby bylo znemožněno jejich polohové záměně – lze je namontovat pouze v jedné poloze (viz obr. 3.5).

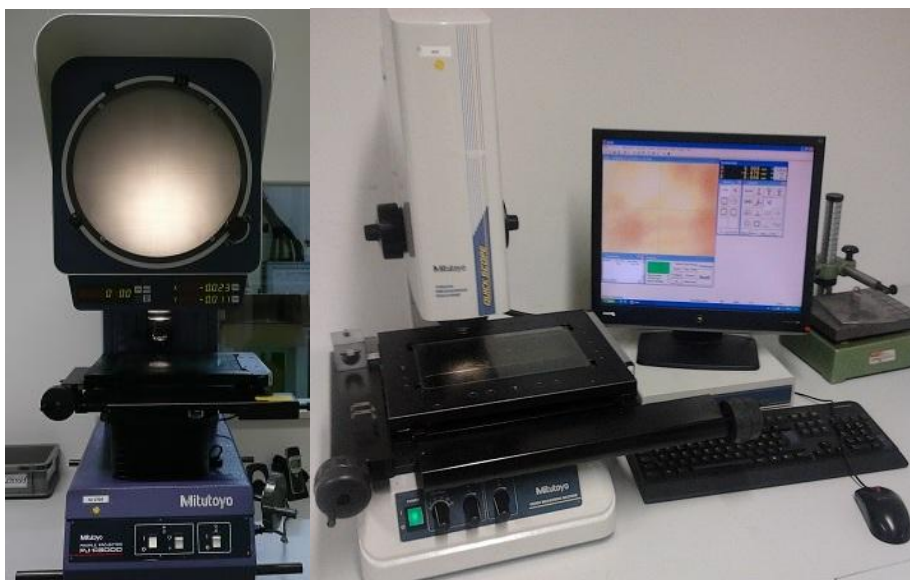
Tím je zabráněno velmi nákladným škodám při špatné montáži dílů v provozu na stroji. Pokud se vezme v potaz cena střižníku a střižnice celkem cca 20 000 CZK, je zřejmé, že záměnou vzájemné polohy a spuštěním lisu dojde k mnohatisícové škodě. Proto se zajištění nezaměnitelnosti věnuje velká pozornost již při prvotním konstruování jednotlivých dílů.



Obr. 3.5 Nezaměnitelnost polohy díky sražení střižnice z jedné strany.

### 3.3 Měření

Měření jednotlivých dokončených součástí se provádí na profilových projektorech, složitější tvary lze kontrolovat na kameře se softwarem pro měření (viz obr. 3.6). Mezi jednotlivými operacemi se používají většinou posuvná a mikrometrická měřidla.



Obr. 3.6 Měřicí projektor MITUTOYO PJ A-3000 a kamera MITUTOYO se softwarem pro měření.

Při sestavování nástroje je důležitá kontrola vzájemné polohy jednotlivých stanic. Po montáži a ustavení kotevních desek kolíky se provede měření na výškoměru, který je umístěn na stole z mramorové desky (viz obr 3.7). Ta zajišťuje rozměrovou i tvarovou stálost. Nástroj se postaví na bok, od kterého by měl být zadaný nulový bod, a postupně se měří všechny rozměry otvorů pro montáž jednotlivých stanic. Pozice těchto otvorů, by měla být v toleranci  $\pm 0,01 \text{ mm}$  a měření by mělo probíhat při ustálené teplotě okolo  $20^\circ\text{C}$ .



Obr. 3.7 Výškoměr TESA hite 400 [10] a měřený nástroj.



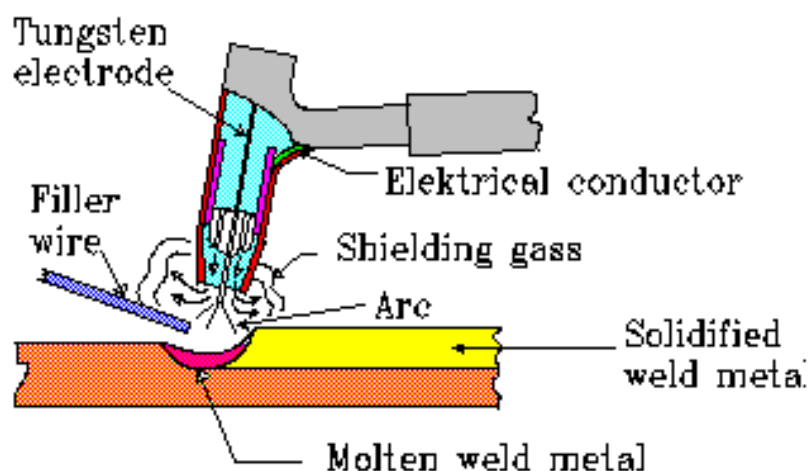
### 3.4 Opravy součástí

Při montáži se objevuje mnoho závad způsobených výrobní nepřesnostmi. Ve většině případů lze tyto nepřesnosti poměrně snadno opravit například broušením či frézováním na požadovaný rozměr. To ovšem platí v případě, že jsou rozměry větší.

Pokud jsou rozměry menší, musí se chybějící materiál navařit a pak obrobit na požadované rozměry. To se však musí posoudit z hlediska funkčnosti, složitosti a ceny, někdy je výhodnější vyrobit součást novou.

Pro opravy chybně vyrobených, nebo poškozených součástí z provozu se v nástrojárnách používá buď technologie TIG svařování, nebo laser s ochranným plynem tzv. hybridní svařování laserem.

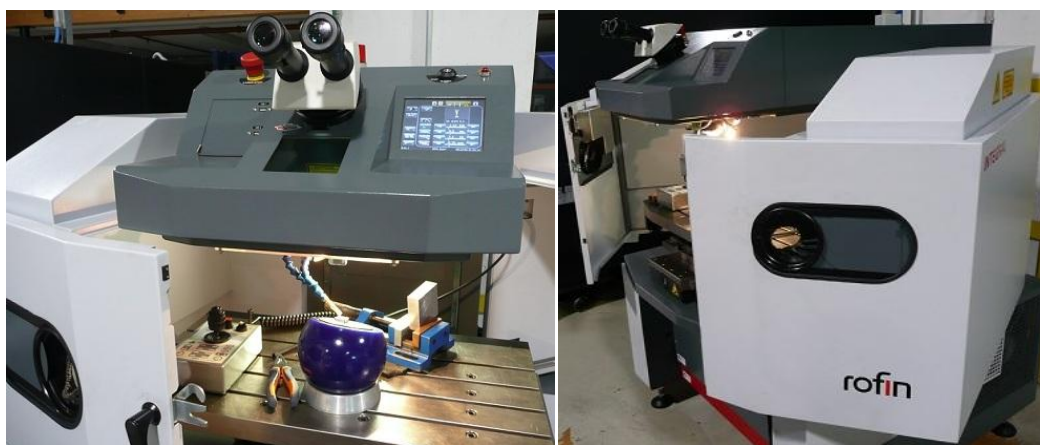
TIG – tungsten inert gas - svařuje se wolframovou elektrodou v ochranné plynné atmosféře s přidáváním materiálu – svařovací drát. Nejčastěji se jako ochranný plyn používá argon, přidávaný drát se volí dle materiálu součásti. Navařit lze i několik milimetrů. Tímto způsobem se navařují větší výrobky, u kterých není na škodu poměrně velké prohřátí do okolí sváru. Na obrázku 3.8 je popis a ukázka svařování metodou TIG.



Obr. 3.8 Svařování TIG [11].

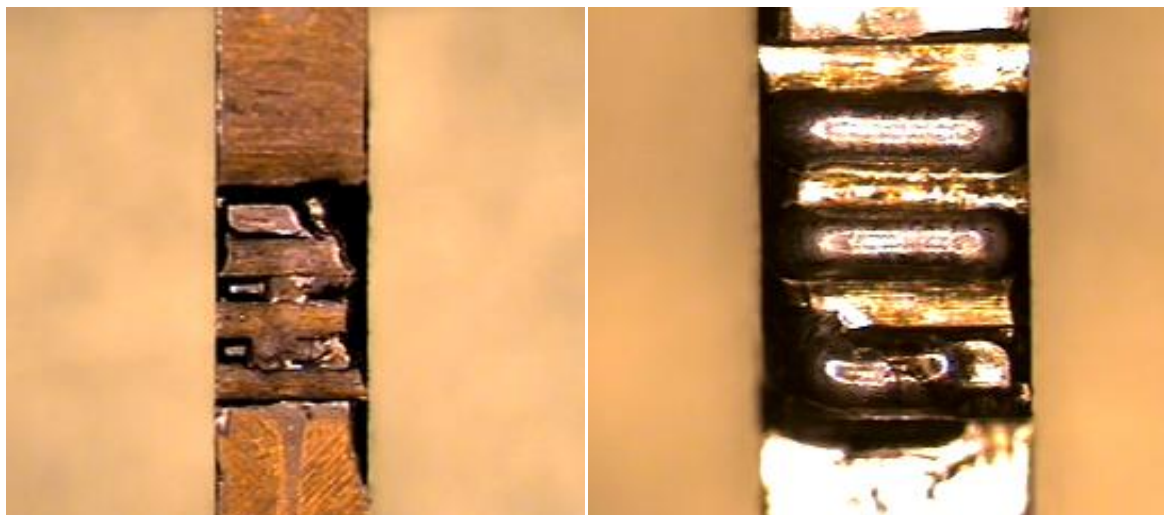
Navařování laserem – metoda, kterou lze navařovat velice malé součásti bez rizika jejich poškození vysokou teplotou předávanou do okolí sváru.

Navařování je realizováno přidáváním drátu, který je zvolen dle druhu materiálu součásti. Drát a místo sváru se taví laserovým paprskem v ochranné atmosféře – argon. Velikou výhodou této metody je možnost navařování materiálů vyráběných práškovou metalurgií. Na obrázku 3.9 je laserová svářečka ROFIN.



Obr. 3.9 Laserová svářečka ROFIN.

Navařená součást (obr. 3.10) byla již v nástroji, který vyráběl konektory. Během provozu došlo k poškození drážek o rozměrech 0,3 x 0,2 mm. Po navaření se drážky obnoví na profilové brusce a součást je nadále použitelná. Vzhledem k ceně nové součásti cca 7 000 CZK je úspora při opravě značná.



Obr. 3.10 Poškozená část navařená laserem.

Druhou možností jak výše popsanou součást opravit, je obnovit celý tvar na profilové brusce, poté navařit materiál z nefunkční strany a obrousit na výkresovou výšku. U této opravy lze použít navaření metodou TIG, ale vzhledem k použití profilového i rovinného broušení je tato možnost časově i finančně náročnější.

## 4 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI PŘÍPRAVKU V REÁLNÉM PROCESU

Po kompletaci celého nástroje na montážním pracovišti a odstranění základních nedostatků, následuje odzkoušení (tzv. vzorování) nástroje na lisu. V nástrojárnách propojených s výrobou, v tomto případě lisovnou, bývá obvykle vyčleněn lis pro vzorování nových nástrojů, nebo je montážní pracoviště vybaveno zkušebním lisem.

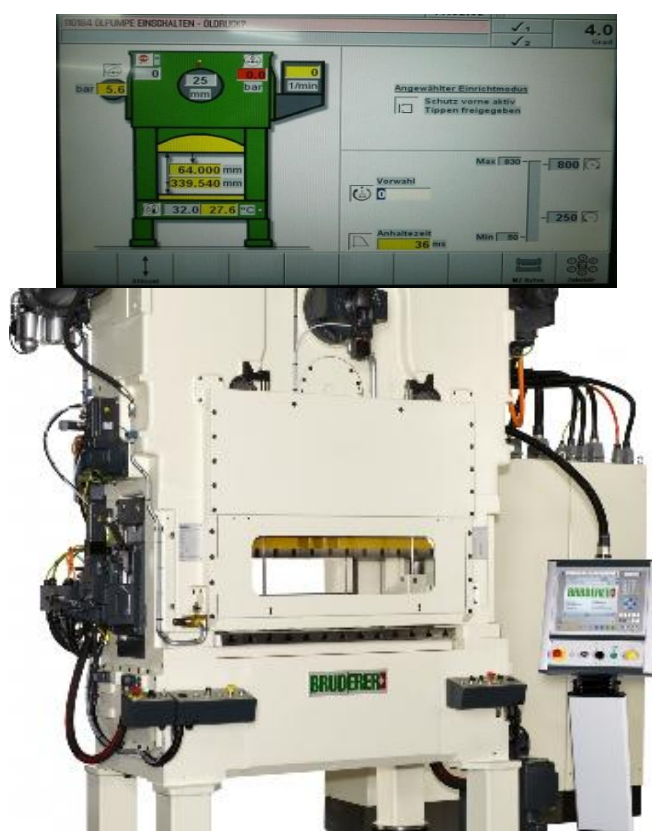
### 4.1 Volba a seřízení lisu

Volba stroje, na kterém se bude lisovat je dána několika hlavními ukazateli:

- rozměry nástroje,
- vypočtenou lisovací sílu,
- pracovním zdvihem nástroje a délkou posuvu.

Vzhledem k používané tloušťce materiálu pro konektory 0,15 až 0,8 mm jsou lisovny pro tuto výrobu nejčastěji vybaveny lisy o síle 250 až 500 kN, někdy 800 a 1500 kN. Na obrázku 4.1 je, pro tyto nástroje často používaný, rychloběžný lis BRUDERER s volitelnou výškou beranu, zdvihem, napojením automatických periférií a CNC ovládáním.

Kvůli vysoké hlučnosti provozu jsou jednotlivé lisy ve výrobě uzavřené do speciálních krytů, které jsou postaveny z protihlukových izolačních stěn, přístup k lisu je posuvnými dveřmi a po stranách jsou otvory pro vstup a výstup materiálu (viz příloha 1).



Obr. 4.1 Rychloběžný lis BRUDERER [12] a detail ovládacího panelu.

Hodnoty nastavení lisu pro určitý nástroj jsou předem dány konstrukcí a zadávají se dle přiložených podkladů.

- Nastavení výšky podavače – výška vstupu materiálu do nástroje od stolu lisu.
- Posuv – je dán konstrukcí nástroje a je to vzdálenost mezi jednotlivými konektory.
- Tloušťka materiálu – lisy BRUDERER jsou vybaveny válcovými podavači, u kterých se nastavuje vzájemná vzdálenost válců. Pokud je stroj vybaven automatickým podavačem, nastavuje se síla stisku válců. Mechanické podavače jsou vybaveny stavitelnými pružinami.
- Výška beranu – výška nástroje ve spodní úvratí (základové desky + dorazy), základní nastavení je s vůlí 0,02 mm mezi dorazy bez materiálu.
- Zdvih beranu – dle konstrukce nástroje. Na zdvihu beranu je přímo závislá rychlostí (počet zdvihů za minutu), maximální hodnoty jsou zadány v tabulce na štítku lisu. S rostoucí rychlostí se volí menší zdvih (viz příloha 2).
- Upnutí nástroje – speciálními úpinkami nebo šrouby v T-drážkách jak je vidět v příloze 2.
- Uvolňování materiálu - při najetí hledáků do hledákových otvorů se přesně fixuje poloha pásku před najetím ostatních částí nástroje. Aby bylo možné toto splnit, musí podavač těsně před najetím celého průměru hledáku do předstřiženého pásku uvolnit válec a tím umožnit fixaci přesné pozice hledáky. Nastavuje se podle konstrukce podavače buď stavěcím šroubem mechanicky, nebo zadáním v kolika stupních natočení vačky se válec uvolní. To stejné se musí nastavit i při vyjíždění nahoru – jestliže hledáky vyjíždí, musí podavač materiál opět držet.
- Mazání – má největší vliv na výslednou kvalitu produktů, a také na trvanlivosti nástroje (otupení, celkové opotřebení). Druh oleje je zadán zákazníkem a závisí na následném zpracování konektoru (pokovování, odmašťování, reakce s dalším chemickým zpracováním). Mazání může být buď mazacími válečky, které jsou z filcového materiálu a olej se dodává pomocí hadiček, nebo mazání olejovou mlhou – zařízení, které rozprašuje nastavené množství oleje a přebytky zpětně odsává (nejúčinnější a nejšetrnější způsob).
- Odpady – v dnešní době se klade velký důraz na životní prostředí a s tím spojené třídění odpadů. V lisovnách se proto třídí odpad v maximální možné míře. Pokud nástroj lisuje konektory z více materiálů, musí se montovat k tomu speciálně vyrobené skluzy, kterými je odpad dopravován do od sebe oddělených odpadních beden.
- Lisovací síla – po navedení materiálu a vyjetí prvních kusů následuje nastavení pracovní síly lisování při plné rychlosti (viz obr. 4.2). To je nutné z důvodu stálosti rozměrů vyráběného konektoru. U novějších strojů se používá dynamická korekce, s narůstajícím počtem zdvihů se zvětšuje výška beranu (viz příloha 3).



Obr. 4.2 Zobrazení naměřených hodnot lisovací síly v jednotlivých nohách lisu (půdorys).

- Správnost nastavení lisovací síly se kontroluje pomocí cínového drátku a přesně vybroušené drážky na dorazu (viz příloha 3).

Příklad: U určitého vzorovaného nástroje se nastavila výška beranu a tím daná lisovací síla 120 kN při 400 zdvizích za minutu. Testovací cínový drátek o průměru 1,5 mm se vložil do drážky na dorazu hl. 1,00 mm a spustil se na pár sekund lis. Drátek se rozlisoval na rozměr hloubky drážky 1,00 mm.

Pro následující výrobu však byl zadán počet 800 zdvihů za minutu. Při stejné síle 120 kN, ale 800 zdvizích za minutu byl rozměr rozlisovaného drátku 1,11 mm. Postupným snižováním korekce výšky beranu se lisovací síla dostala až na hodnotu 175 kN, rozměr drátku byl pak požadovaný 1,00 mm.

Závěr: Čím vyšší je rychlost lisování, tím větší lisovací síla je zapotřebí k zajištění stálosti rozměrů lisovaného produktu. K tomuto závěru se dospělo postupným ověřováním v praxi. Vzhledem k citlivým firemním informacím, je celý příklad zobrazen.

- Hlídaní nástroje – proti poškození nástroje za provozu například ulomeným střižníkem, rozbitou stanicí, nebo neprocházejícím materiálem je každý nástroj vybaven bezpečnostními čidly. Jsou to převážně světelné brány, které se montují na konec nástroje, kde procházející konektory na nosném pásku stíní signál. V ovládání lisu je nastaveno rozmezí ve stupních, při kterém je signál stíněný, nebo odkrytý (1 zdvih beranu = 360 °). Jako další bývá nastavena maximální povolená lisovací síla – při poškození nástroje je maximální síla překročena a lis se okamžitě zastaví.

#### 4.2 Odvíječky, navíječky

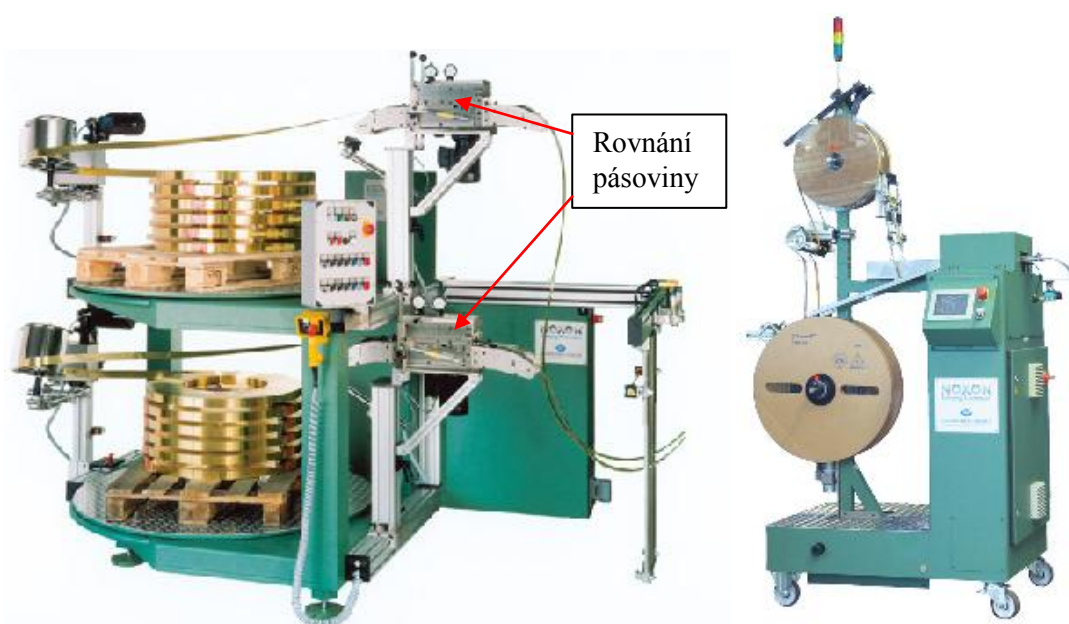
K odvíjení materiálu, který je pro výrobu konektorů dodáván ve svitcích se používají speciální odvíječky. Mohou být buď paletové, nebo bubnové. Vzhledem k úspoře seřizovacích časů ve výrobě, se již častěji používají paletové odvíječky, které mohou být jedno, nebo dvoupatrové pro zpracování více materiálů současně (viz obr. 4.3). Materiál je navinut ve více vrstvách bez přerušení. Vzhledem k častým problémům se zakřivením



materiálu, které může být způsobené mnoha vlivy, jsou odvíječky vybaveny rovnacím zařízením (viz obr. 4.3).

Vyrobené konektory jsou vzhledem k dalšímu zpracování dodávány na nosném pásku a navinuté na papírových cívkách. Na obrázku 4.3 je dvou-cívková navíječka NOXON. Pro zvýšení produktivity práce mohou být navíječky až deseti-cívkové.

Tato periferní zařízení jsou vybavena CNC řízením a informativními semaforey. Díky světelné signalizaci je na první pohled zřejmé, zda je stroj v provozním, seřizovacím, nebo poruchovém módu. Všechny tyto zařízení se dodávají upravené dle přesných požadavků zákazníka.



Obr. 4.3 Odvíječka NOXON DPHB 1400 a navíječka NOXON SW 1012 [13]

#### 4.3 Výsledný produkt střížného postupového nástroje

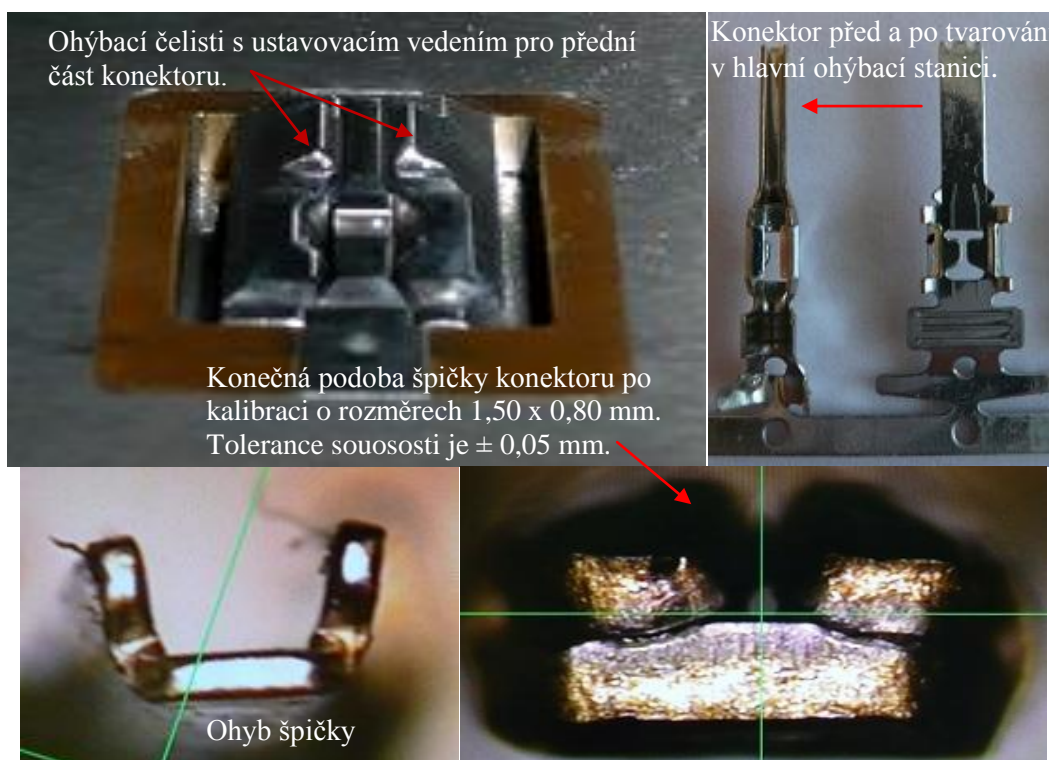
V případě této práce jsou výsledným produktem postupového stříhání a lisování konektory pro automobilový průmysl. Tyto výrobky jsou mnohdy velmi složité (viz příloha 6) a vzhledem ke stále menším výrobním tolerancím je výroba z hlediska rozměrové stálosti problematická. Kvalitativní problémy při seřizování vzhledem ke konstrukčním řešením jednotlivých součástí nástroje se mohou prezentovat na následujících příkladech.

- Problém s ustavováním a správnou pozicí předstříhu v hlavní ohýbací stanici. Je to obecně jeden z nejčastějších problémů, který způsobuje nestejný ohyb konektoru a tím i deformaci jeho části při kalibraci. Tato deformace není stabilní a objevuje se často jednou za několik tisíc kusů. Tím je produkce velmi

problematická a nalezení příčiny často časově náročné. Deformace mohou být způsobeny:

- špatně seřízeným posuvem, nebo uvolňováním pásu,
- těsným vedením pásu a tím způsobené ohnutí konektoru z osy v předchozích stanicích,
- tupé stříhy (ostříhy způsobují deformaci konektoru).

Pokud jsou výše uvedené možnosti v pořádku, je třeba se zaměřit na hlavní ohýbací stanici (viz obr. 4.4). Vzhledem k vysoké rychlosti 800 zdvihů za minutu a rozměru předstříhu 0,32 x 2,60 mm, je tato stanice často velmi opotřebovaná. Vůle čelistí v pouzdru i ostatních pohyblivých částí hlavní ohýbací stanice by neměla být větší než 0,02 mm. Názorná ukázka funkce a skladby této, po střízích, nejdůležitější části nástroje je v přílohách 4 a 5.



Obr. 4.4 Hlavní ohýbací stanice s předlisovaným ohybem špičky konektoru.

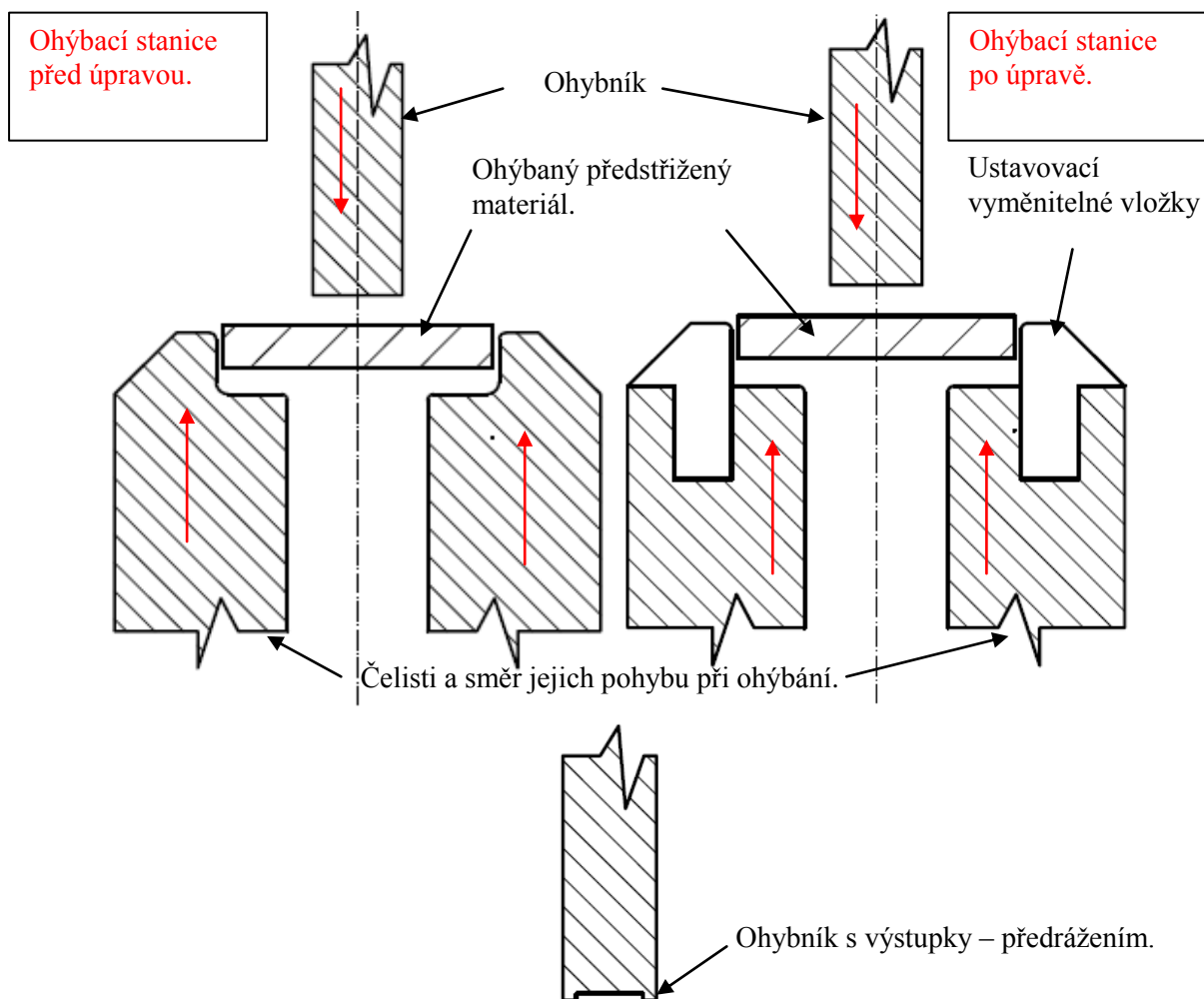
Řešení problému: Zkontroluje se funkčnost a opotřebení pohyblivých částí ohýbací stanice – kolky, stavěcí šrouby, pružiny. Tyto součásti jsou většinou normované díly, které jsou levné, lze je snadno a rychle vyměnit.

Velkou vůli v uložení čelistí lze vymezit plechy, které se pro práce na těchto nástrojích používají a jsou dodávány od tl. 0,01 mm.

Pokud je ustavovací vedení na ohýbacích čelistech opotřebované, musí se navařit laserem, stejně jako oprava tvaru na obr. 3.10 v kapitole 3.4, a brousit na profilové brusce. Je to však časově náročná oprava a vzhledem k časté frekvenci této závady bylo výhodné provést konstrukční změnu čelistí.

Tato změna spočívala v odstranění ustavovacích výstupků a nahrazení vyměnitelnými vložkami (viz obr. 4.5). Vložky jsou vsuvně uloženy ve vyhloubených otvorech a zajištěny proti pohybu závitovými kolíky (červíky).

Vložky jsou vyrobeny v sadách po dvou (levá a pravá) s tloušťkou odstupňovanou po 0,02 mm, ale konstantním rozměrem mezi nimi (šířka předstříhu). Tím se dosáhlo možnosti vyosení při ustavování předstříhu a velmi rychlého odstranění deformací výsledného konektoru bez nutnosti časově náročného navařování a broušení.



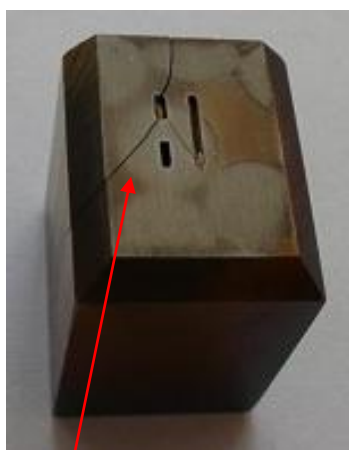
Obr. 4.5 Konstrukční úpravy hlavní ohýbací stanice.

Další účinná konstrukční úprava, která byla uskutečněná proti deformacím špičky konektoru, bylo vytvoření výstupků na ohybníku. Výstupky jsou 0,10 mm přes výkresovou délku ohybníku, a tím se při ohýbání vytvoří v materiálu nejprve drážky, které následně stabilizují ohyb a zabrání tak deformacím. Tyto drážky však musí být v koordinaci s ustavením předstříhu, jinak stabilizují ohyb v nesprávné poloze a špička konektoru není souosá. Výsledná špička po kalibraci v toleranci souososti  $\pm 0,05$  mm je na obrázku 4.4.

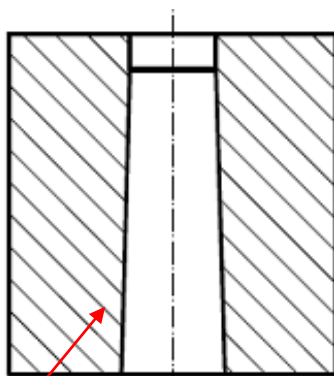


- Střížníky a střížnice - určují tvar a kvalitu předstříhu. Pokud jsou stříhy otupené, nebo mají špatné střížné vůle, vznikají otřepy, které jsou v průběhu tvarování konektoru stírány, tím způsobují defekty a nestálost rozměrů.

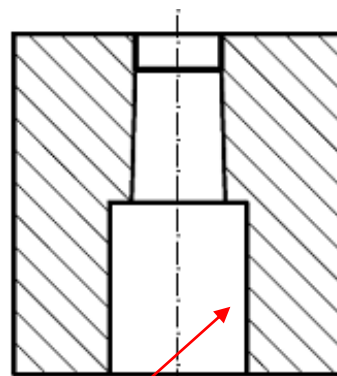
Nevhodná konstrukce stříhů způsobuje například vytahování odpadů ze střížnice, v horším případě její ucpávání a tím poškození střížníků nebo střížnic (viz obr. 4.6).



Poškozená  
střížnice



Původní konstrukce s příliš  
dlouhým kónickým  
otvorem pro odpady.



Střížnice po úpravě

Obr. 4.6 Prasklá střížnice a řešení otvoru pro odpady.

Konektory se vyrábí z více druhů materiálů a každý z nich reaguje v nástroji jinak. Střížnice na obr. 4.6 byla v nástroji a několik stovek tisíc konektorů z mosazného materiálu stříhala bez problémů. Po změně materiálu na měď se po pár desítkách kusů vždy ucpala odpady a praskla, nebo se v lepším případě jen ulomily střížníky.

Ucpávání bylo způsobeno příliš dlouhým kónickým otvorem ve střížnici, kde na konci byl již prostor pro pootočení odpadu a tím k ucpání střížnice.

Po několika pokusech s různě nabroušenými střížníky (rovně, šikmo nebo do stříšky) a opětovnému poškození střížnice se vyfrézoval otvor pro odpady a problém s ucpáváním byl odstraněn (viz obr. 4.6).

Vytahování odpadů způsobuje deformace hotových konektorů a nepřijatelné otlaky. Konstrukčně to lze u materiálů do tl. 1 mm vyřešit tzv. brzdami ve střížnici. Při obrábění na drátové řezačce se na protilehlých vnitřních stěnách střížnice vyrobí šikmé drážky 5 °, hluboké 0,005 až 0,01 mm. Tyto drážky jsou proti sobě do kříže a vzhledem k velmi malé hloubce nevytváří na výsledném stříhu téměř žádnou stopu.

V případě normovaných střížnic pro hledákové díry se držení odpadů řeší pomocí fazetky, která je kónická proti střížníku. Toto řešení se používá při stříhání tenkých materiálů (0,15 až 0,25 mm) při vyšších střížných rychlostech (800 až 1300 zdvihů za minutu).

Větší střížnice lze najiskřit měděným drátkem (viz obr. 4.7) a tím vytvořit výstupky, které pak zajistí odpad proti vytažení.

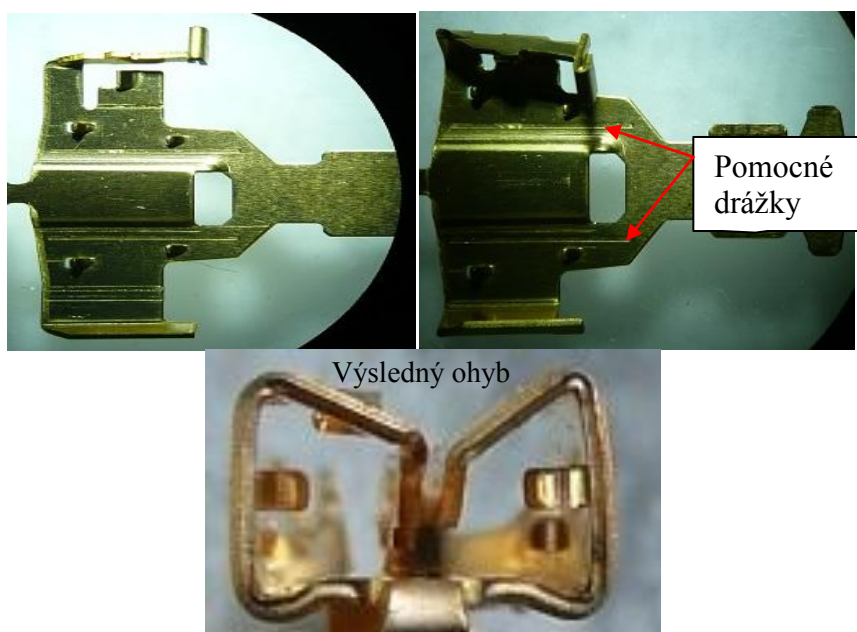


Obr. 4.7 Najiskřování střížnice.

Defektů způsobených nevhodnou konstrukcí může být na výsledném konektoru celá řada. Dalším nejčastějším problémem jsou stěry a ostřiny od ohybníků. Tyto vady lze převážně odstranit leštěním s následným povlakováním ohybových ploch (např. TiN, DLC) a použitím speciálních maziv (pokud jsou vzhledem k dalšímu zpracování zákazníkem povolena).

Jak již bylo výše konstatováno, každý zpracovávaný materiál se při stříhání a ohýbání chová jinak a u některých, jako je například CuZn30, se vzhledem k náchylnosti ke stírání a vytváření otřepů musí provést konstrukční úpravy.

Při ohýbání je důležité, aby materiál kladl co nejmenší odpor. Toho se celkem snadno docílí vytvořením drážek v místech ohybů na předstříhu (viz obr. 4.8). U této úpravy se však musí dávat pozor, aby na výsledném konektoru nebyly v těchto místech praskliny. Ty jsou z hlediska funkčnosti výsledných produktů nepřijatelné a při použití u bezpečnostních prvků v automobilech velmi nebezpečné. I velmi malé praskliny na konektoru se vlivem vibrací v provozu časem zvětšují až po úplné ulomení konektoru, a tím způsobí závadu na automobilu.



Obr. 4.8 Pomocné drážky pro ohyby.

## 5 ZHODNOCENÍ (EKONOMICKÉ A EKOLOGICKÉ HLEDISKO)

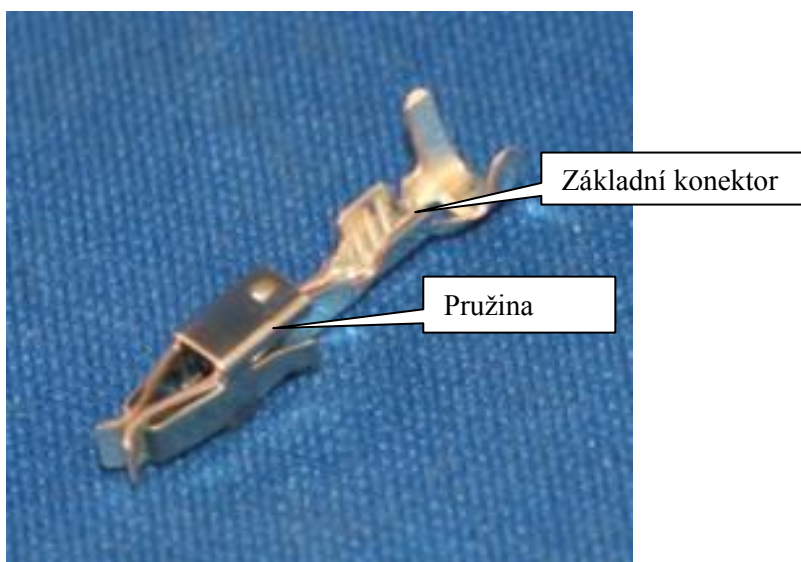
Z ekonomického hlediska je při výrobě střížných postupových nástrojů potřeba dávat velký důraz na konstrukční řešení. Použitím zbytečně složitých, nebo nevhodných řešení se zvyšuje časová i finanční zátěž výroby. Výrobu těchto nástrojů lze zlevnit následujícími kroky:

- důkladně promyšlenou konstrukcí (univerzálnost nástrojů),
- použitím normovaných dílů,
- dobrým technologickým postupem výroby součástí (využívání všech pracovních úseků nástrojárny),
- využívání všech podnětů lidí podílejících se na výrobě (zpětná vazba při testování nástroje ve výrobě do konstrukce, popř. technologie).

Příklad 1: Nástroj, který zpracovával dva materiály a vyráběl dva do sebe nasazené konektory (viz obr 5.1) současně (tzv. TWO-TRACK), byl konstruován na pracovní zdvih 38 mm. Tím byla částečně i dána maximální rychlost 450 zdvihů za minutu. To znamená, že při plném výkonu mohl produkovat 27 000 kusů za hodinu.

Po celkem náročné konstrukční úpravě některých částí nástroje se snížil pracovní zdvih na 25 mm a rychlost se tím mohla zvýšit na 900 zdvihů za minutu. Při plném výkonu tedy byla následná produkce 54 000 kusů za hodinu, což je nárůst produktivity o 100 %.

Nárůst produktivity vzhledem k delším seřizovacím časům a opotřebením nástroje nakonec nebyl tak vysoký. Přesto se čas strávený na úpravách a testování vyplatil. Nástroj v současnosti vyrábí rychlostí 850 zdvihů za minutu.



Obr. 5.1 Konektor s nasazenou pružinou. Vyrobeno ze dvou různých materiálů [14].

Příklad 2: Podobný konektor jako na obrázku 5.1 se vyrábí odděleně. To znamená, že je jeden nástroj na výrobu pružiny, jeden na základní konektor a jeden montážní, který pružinu a základ kompletuje.

Toto řešení bylo zvoleno ve velké společnosti, která produkovala konektory ve více firmách po celém světě. Tím se rozdělila práce dle náročnosti a výsledné ceny produkce. Ovšem náklady spojené s přepravou, rozměrovou nestabilitou s nemožností konečné montáže jsou v současnosti veliké. Je ekonomicky výhodné zkonstruovat nástroj, který bude vše kompletovat na jednom stroji jako v příkladě 1.

Oddělená výroba se přesune do jedné firmy, kde lze bez problémů zajistit kompatibilitu jednotlivých součástí a odstranit náklady spojené s dopravou. I přesto je produktivita poměrně nízká a tato výroba se používá jako doplňková.

Poznámka: Vzhledem k utajení citlivých firemních informací jsou příklady zobecněny a nelze je doložit konkrétnějšími daty.

Z ekologického hlediska doznalo odvětví výroby konektorů do automobilového průmyslu podstatných změn. Ještě před rokem 2000 tvořilo určitou složku materiálu pro výrobu konektorů olovo (Pb), které zajišťovalo dobré vlastnosti pro tvárění i odolnost výsledného konektoru. Po roce 2000 se olovo z materiálu zcela odstranilo a nahradilo jinými složkami, což s sebou přineslo problémy při stříhání a následném tvarování (stěry, praskliny, ostřiny). Tyto problémy se však časem odstranily konstrukčními změnami na nástrojích a použitím vhodnějších zpracovávaných materiálů. Tyto materiály se třídí a vrací zpět výrobcům.

Oleje používané pro mazání při výrobě musí splňovat přísná hygienická a ekologická kritéria. Oleje musí být označeny podle nebezpečnosti a rovněž roztříděny se zpětnou vazbou na výrobce. Mazací systémy se nejen kvůli ochraně životního prostředí, ale i ceně olejů, zaměřují na co nejefektivnější mazání při minimální spotřebě.

V poslední době se v provozech věnuje zvýšená pozornost ochraně zdraví zaměstnanců. Veškerá novější obráběcí zařízení jsou opatřena kryty, které zabraňují možným úrazům. Rychloběžné lisy BRUDERER a jejich periférie jsou vybaveny bezpečnostními prvky, jako jsou například spuštění lisu pouze se zavřeným krytem a dvěma tlačítky (obsluha musí zmáčknout oboustranně dvě tlačítka současně). Pokud je v lisu použito laserové svařování konektoru, laser se automaticky vypne při otevření dveří a tím zabrání náhodnému odrazu paprsku do očí obsluhy atd.

## 6 DISKUZE

- Konstrukce nástroje – pokud možno co nejjednodušší s ohledem na pozdější vyměnitelnost a univerzálnost použitých dílů. Střížný postupový nástroj vyrábí více druhů konektorů. V jednom nástroji lze pomocí přestavbových dílů měnit produkty dle zadání zákazníka. Pro nejvíce namáhané části (stříhy, hlavní ohybová stanice, vedení materiálu, kalibrovací razníky) používat odolné materiály. Funkční plochy ohybníků se mohou leštit a následně volit vhodné povlaky, které zajišťují dlouhou trvanlivost.

Příklad: Nový nástroj byl otestován (vyvzorován) a následující výrobní dávka byla 34 mil. kusů, což je při dvou osmihodinových směnách denně půl roku produkce na jednom lisu. Při tak velké produkci bylo výhodné veškeré namáhané části vyleštit a nechat povlakovat. Tím se několikanásobně prodloužil interval mezi opravami kvůli opotřebení nástroje. Vzhledem k opravám a seřizování je důležité volit konstrukci tak, aby byl k jednotlivým tvářecím stanicím snadný přístup bez nutnosti demontáže celého nástroje z lisu. Velice vhodné je používat moduly, které lze bez problémů demontovat přímo na lisu a manipulace s nimi nevyžaduje žádné mechanismy (vysokozdvížné vozíky, jeřáby atd.).

- Kvalita a rychlost výroby celého nástroje je závislá na spolupráci mezi konstruktéry a technology. Na výkresech jednotlivých součástí se velmi často objevují velice přesné rozměry, které vzhledem k funkci nemají opodstatnění.

Příklad: Na výkrese je ohýbací vložka se zakótovanou délkou zkosení a tolerancí  $\pm 0,01$  mm. Součástka byla velice malá a při frézování byl poměrně velký problém s upnutím. Na základě informací z konstrukce se zjistilo, že tento rozměr je volný a tolerance byla vygenerovaná automaticky programem. Úkos se tedy mohl pilovat ručně. Při výrobě dvaceti kusů se pouhým zjištěním funkce součásti ušetřilo 6 hodin práce 3D frézováním.

- Při výrobě jednotlivých součástí je ekonomicky výhodné nakupovat polotovary, které se následně obrábí dle zadání výkresové dokumentace.

Příklad: Pro výrobu volit polotovary střížníku hledákových děr, hledáků, ohybníků atd. Dodávají se i normované polotovary střížnic – destičky z tvrdokovu, nebo nástrojové oceli s předvrtanými otvory pro drátovou řezačku. Tyto destičky mají přídavek na broušení a odpadá nutnost vrtání na elektroerozivní vrtačce.

- Seřizování a opravy nástrojů by se měly vždy koordinovat s konstrukcí. Musí se zavést informační průvodní dokumentace nástroje. V této dokumentaci se evidují výkresové změny, závady při výrobě konektorů a jejich řešení. Postupně se vytvoří informace k základnímu nastavení nástroje – lisovací síla, množství oleje při mazání, rozměry předstříhů a předhybů v jednotlivých stanicích. Toto je v ideálním případě řešeno fotodokumentací. Dobře zpracovanou dokumentací nástroje lze ušetřit stovky hodin práce ročně a nemalé finanční prostředky vynaložené na opravy škod při špatném seřizení a reklamace konektorů.
- Měření konektorů – stejně jako v předchozím případě je dobrá dokumentace základem kvalitní produkce. Sjednocení postupu měření je vzhledem k velmi malým rozměrům a tvarové různorodosti konektorů důležité a zabraňuje zbytečným seřizovacím časům na nástroji.

## ZÁVĚR

Tato práce se zbývá popisem technologie výroby střižných postupových nástrojů pro lisování konektorů určených do automobilů. Úkolem bylo poukázat na složitost těchto nástrojů a vyřešit některé základní problémy při lisování konektorů s návazností na konstrukci jednotlivých částí nástrojů.

Jako první bylo třeba vyřešit deformace špičky konektoru vlivem špatného ustavení předstříhu v ohýbací stanici. Toho se dosáhlo odstraněním vůlí v ustavovacím vedení na ohýbacích čelistech. Vzhledem k potřebě rychlejších oprav a možnosti seřízení polohy předstříhu byla navržena výkresová změna ohýbacích čelistí. Změna spočívala v konstrukci vyměnitelných ustavovacích vložek, kterými lze snadno a efektivně měnit osu ohybu. Aby byl ohyb špičky konektoru stabilní, byla navržena úprava tvaru ohybníku (viz obr. 4.5 v kapitole 4.3). Tyto změny byly v praxi s pozitivním výsledkem vyzkoušeny a následně zavedeny.

Dalším řešeným úkolem bylo odstranění ucpávání střižnice odpady. Ucpání střižnice způsobilo destrukci celého stříhu a velmi nákladnou opravu nástroje. Tento problém byl způsoben příliš dlouhým otvorem s úkosem. Na konci byl již rozměr otvoru tak velký, že umožnil pootočení odpadu a tím ucpání střižnice. Ucpávání se odstranilo vyfrézováním otvoru pro odpady ve střižnici, tato úprava je názorně popsána na obr. 4.6 v kapitole 4.3.

Třetím problémem řešeným v této práci jsou otlaky a deformace konektorů způsobené vytahováním odpadů do pracovního prostoru nástroje. To bylo pro výrobu nových dílů vyřešeno vytvořením brzdových drážek ve střižnici. Pro vytvoření brzd na starších střižnicích větších rozměrů bylo použito najiskření měděným drátkem. Obě tyto úpravy jsou účinné a v praxi často používané.

Konstrukce střižných nástrojů vyžaduje úzkou spolupráci jednotlivých úseků výroby (konstrukce – technologie – výroba nástroje – lisovna). Bez vzájemné provázanosti a zpětné vazby z lisovny do konstrukce dochází ke zbytečnému prodražování výroby nástrojů a neefektivní produkci konektorů.

Názorně zde byla uvedena jen část z mnoha možných problémů, které technologie postupového stříhání a konstrukce střižných postupových nástrojů provází. Jejich konstrukční a technologické řešení vyžaduje mnoho zkušeností a roky práce s těmito nástroji.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. KOTOUČ, Jiří, et al. *Tvářecí nástroje*. 1. Vyd. Praha: ČVUT Praha, 1993. 349s. Skriptum. ISBN 80-01-01003-1.
2. KOCMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.
4. FOREJT, M. a PÍŠKA, M. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2006. 226 s. ISBN 80-214-2374-9.
5. BOBČÍK, Ladislav. *Strážné nástroje pro malosériovou výrobu*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983. 213 s. Redakce báňské a strojírenské literatury. (04-229-83).
6. HUMÁR, Anton. *Technologie 1, Technologie obrábění – 3. část*. Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program. [online]. 2014, [vid. 2014-05-11]. Dostupné na WWW: <[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci\\_a\\_nekonvencni\\_metody\\_obrabeni/TI\\_TO-3.cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf)>.
7. LIŠKA, J. a ŠANTORA, J. a VOTRUBA, J. *Tepelné zpracování*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1964. 248 s. D-15 40334.
8. BE Group. *Produkty*. [online]. 2014, [vid. 2014-05-12]. Dostupné na WWW: <<http://www.begroup.com/cz/BE-Group-Czech-Republic/Produkty/Hlinik-1/znaeni-hliniku-a-jeho-slitin-v-stav>>.
9. LOCTITE. *Loctite – Industrielle Kleb - und Dichtstoffe*. [online]. 2014, [vid. 2014-05-12]. Dostupné na WWW: <<http://www.loctite.de/loctite-wartungsprodukte-47720.htm>>.
10. UNIMETRA s.r.o. *Unimetra – katalog produktů*. [online]. 2014, [vid. 2014-05-12]. Dostupné na WWW: <<http://www.unimetra.cz/cz/katalog/posuvna-meridla/vyskomery-merici-pro-presne-mereni/28-vyskomery-merici-pro-presne-mereni.html#!prettyPhoto>>.
11. TIG Welding. *Tig Welding 101*. [online]. 2014, [vid. 2014-05-15]. Dostupné na WWW: <<http://www.projectguns.com/tig3.html>>.
12. KONTURA TOOLS s. r.o. *Rychloběžné lisy Bruderer*. [online]. 2014, [vid. 2014-05-15]. Dostupné na WWW: <<http://www.konturatools.cz/produkt/rychlobezne-lisy-bruderer>>.
13. NOXON AUTOMATION. *Noxon - Produkte*. [online]. 2014, [vid. 2014-05-20]. Dostupné na WWW: <<http://www.noxon-automation.com/index.php?id=3>>.
14. Chief Enterprises. *Chiefenterprises.com – Products*. [online]. 2014, [vid. 2014-05-20]. Dostupné na WWW: <<http://store.chiefenterprises.com/Products/Junior-Power-Timer-JPT/929939-3-JPT-Terminal-Tin-18-20-AWG>>.



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CAD/CAM	[-]	computer-aided design / Computer-aided manufacturing
WC	[-]	karbit wolframu
Co	[-]	karbit kobaltu
HRC	[-]	označení jednotky tvrdosti dle Rockwella
CNC	[-]	Computer Numerical Control
SiC	[-]	karbit křemíku
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	[-]	nitrid křemíku
Cu-Cr	[-]	slitina mědi a chromu
Cu-Zr	[-]	slitina mědi a zirkonia
Cu-Ag	[-]	slitina mědi a stříbra
Cu-Sn	[-]	slitina mědi a cínu
Cu-Sn-In	[-]	slitina mědi, cínu a India
TIG	[-]	tungsten inert gas
TiN	[-]	nitrid titanu
DLC	[-]	povlak - obecný název pro amorfní směs grafitu a uhlíku
CuZn30	[-]	materiál pro výrobu konektorů – mosaz (měď s 30 % zinku)
Pb	[-]	olovo
Al	[-]	hliník

Symbol	Jednotka	Popis
m, z	[mm]	střižná mezera
v	[mm]	střižná vůle
D	[mm]	vnitřní průměr
d	[mm]	vnější průměr
h	[mm]	hloubka
F <sub>s</sub>	[N]	střižná síly
s	[mm]	dráha
σ <sub>p</sub>	[MPa]	přetvárný odpor

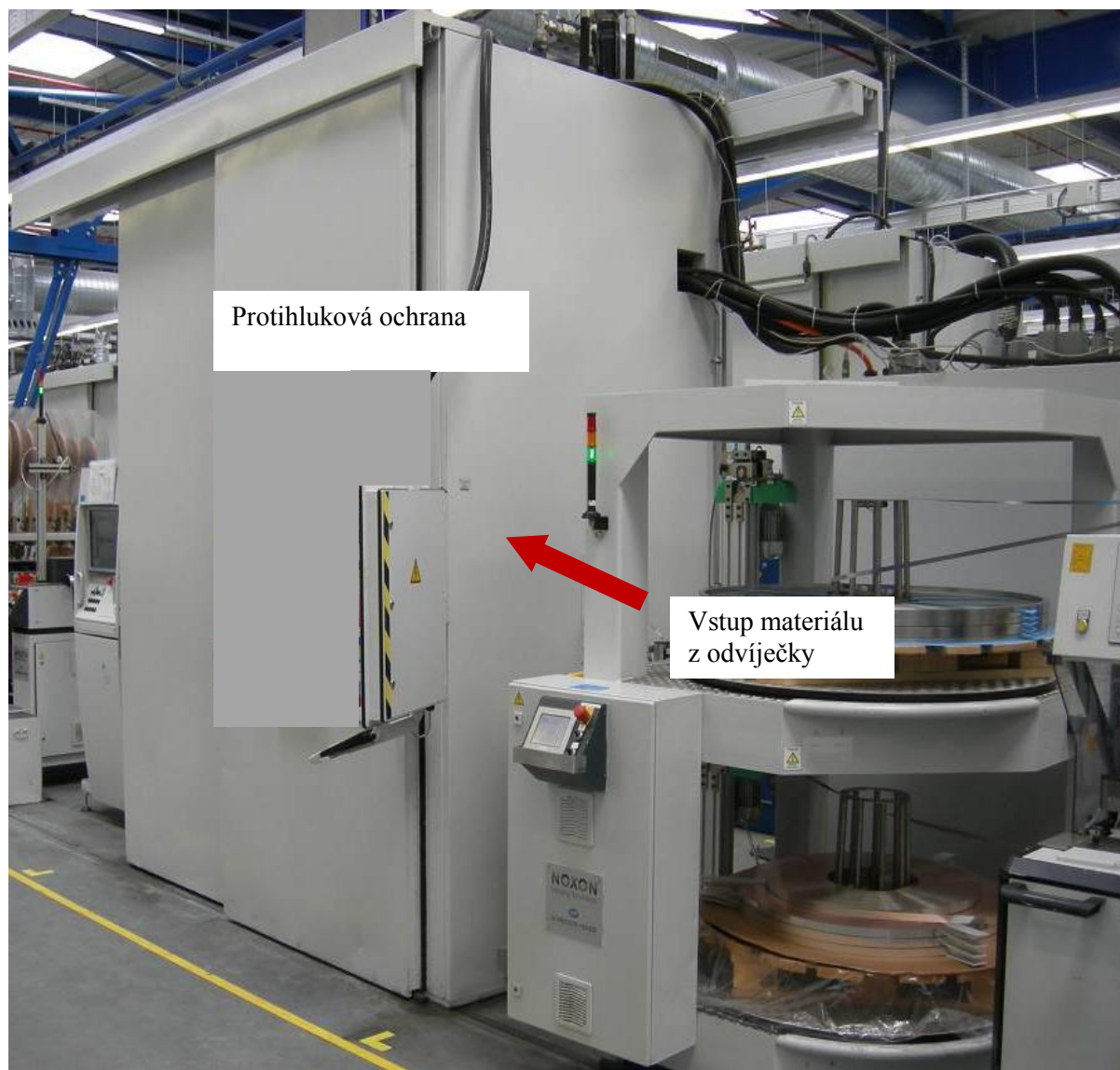
$R_m$	[MPa]	mez pevnosti v tahu
$\tau_s$	[MPa]	střižný odpor, mez pevnosti ve stříhu
$\sigma_1$	[MPa]	deformační odpor
n	[-]	koeficient otupení
L, l	[mm]	délka
$h_s$	[mm]	hloubka vniknutí střižné hrany
$S_0$	[mm]	tloušťka materiálu
$F_{st}$	[N]	stírací síla
$F_{pr}$	[N]	protlačovací síla
S	[mm <sup>2</sup> ]	plocha stříhu
$c_1$	[-]	součinitel stírání
$c_2$	[-]	součinitel protlačování
A	[J]	střižná práce
$\lambda$	[-]	Součinitel plnosti
s	[mm]	tloušťka materiálu
$F_{s \max}$	[N]	maximální střižná síla
$k_s$	[MPa]	střižný odpor
E	[MPa]	Yongův modul pružnosti v tahu
c	[-]	koeficient
$\tau_{ps}$	[MPa]	pevnost ve stříhu

**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1      Zakrytování stroje proti hluku při výrobě rychloběžným lisem BRUDERER.
- Příloha 2      Upnutí nástroje pomocí šroubů v T-drážkách. Štítek s hodnotami nastavení zdvihu beranu.
- Příloha 3      Dynamická korekce výšky beranu a drážka pro kontrolu nastavení lisovací síly.
- Příloha 4      Modul s hlavní ohýbací stanicí.
- Příloha 5      Detail ohýbací stanice - spodní i horní část.
- Příloha 6      Ukázka složitosti tvaru konektoru při velmi malých rozměrech.

## PŘÍLOHA 1

Zakrytování stroje proti hluku při výrobě rychloběžným lisem BRUDERER.



## PŘÍLOHA 2

Upnutí nástroje pomocí šroubů v T-drážkách. Štítek s hodnotami nastavení zdvihu beranu.



BRUDERER BSTA 510-125				
HUB			MAX. HUBZAHL/MIN	
STROKE			MAX. STROKES/MIN	
COURSE			MAX. COUPS/MIN	
CORSIA			MASS. COLPI/MIN	
NO.	MM	INCH		
1	16	$\frac{5}{8}$	1050	
2	19	$\frac{3}{4}$	950	
3	25	1	830	
4	32	$1\frac{1}{4}$	730	
5	38	$1\frac{1}{2}$	670	
6	44	$1\frac{3}{4}$	620	
7	51	2	580	

## PŘÍLOHA 3

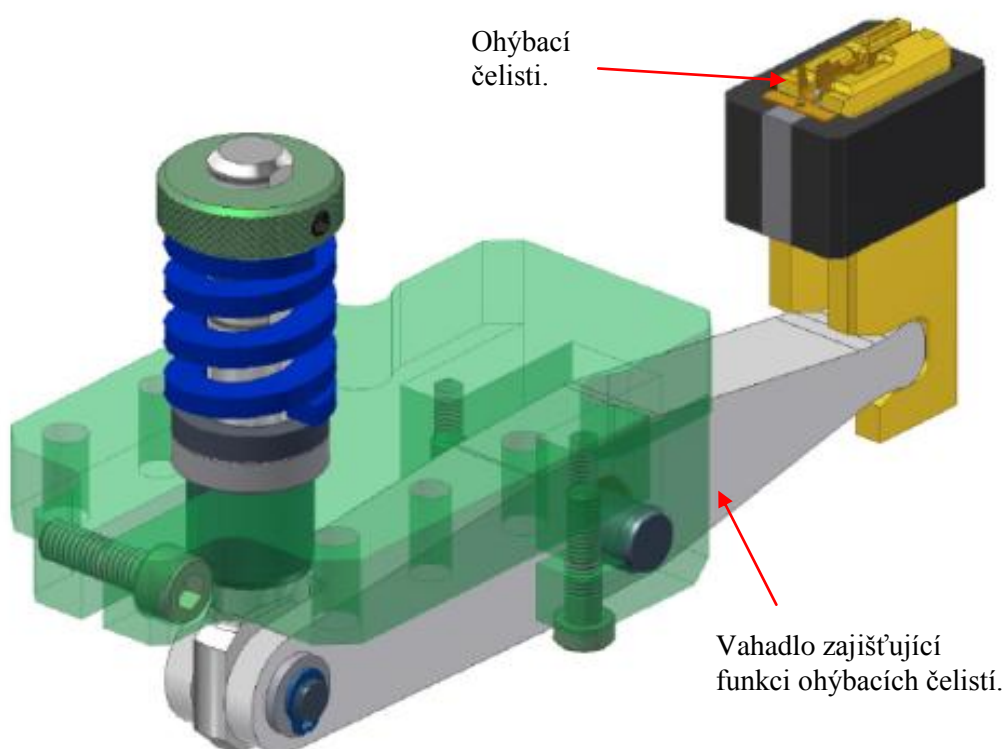
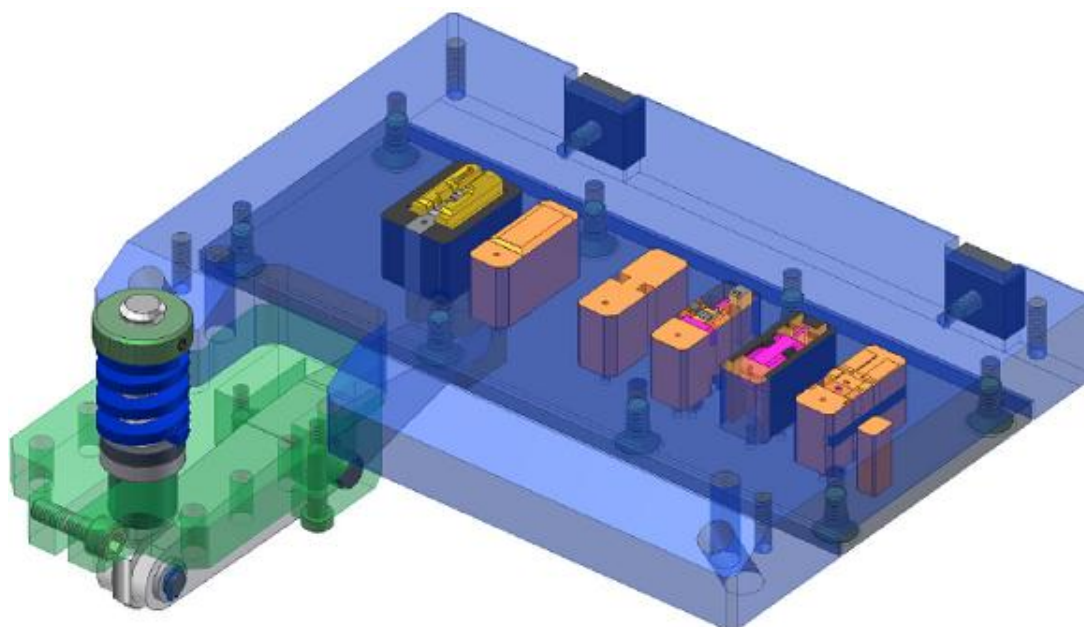
Dynamická korekce výšky beranu a drážka pro kontrolu nastavení lisovací síly.





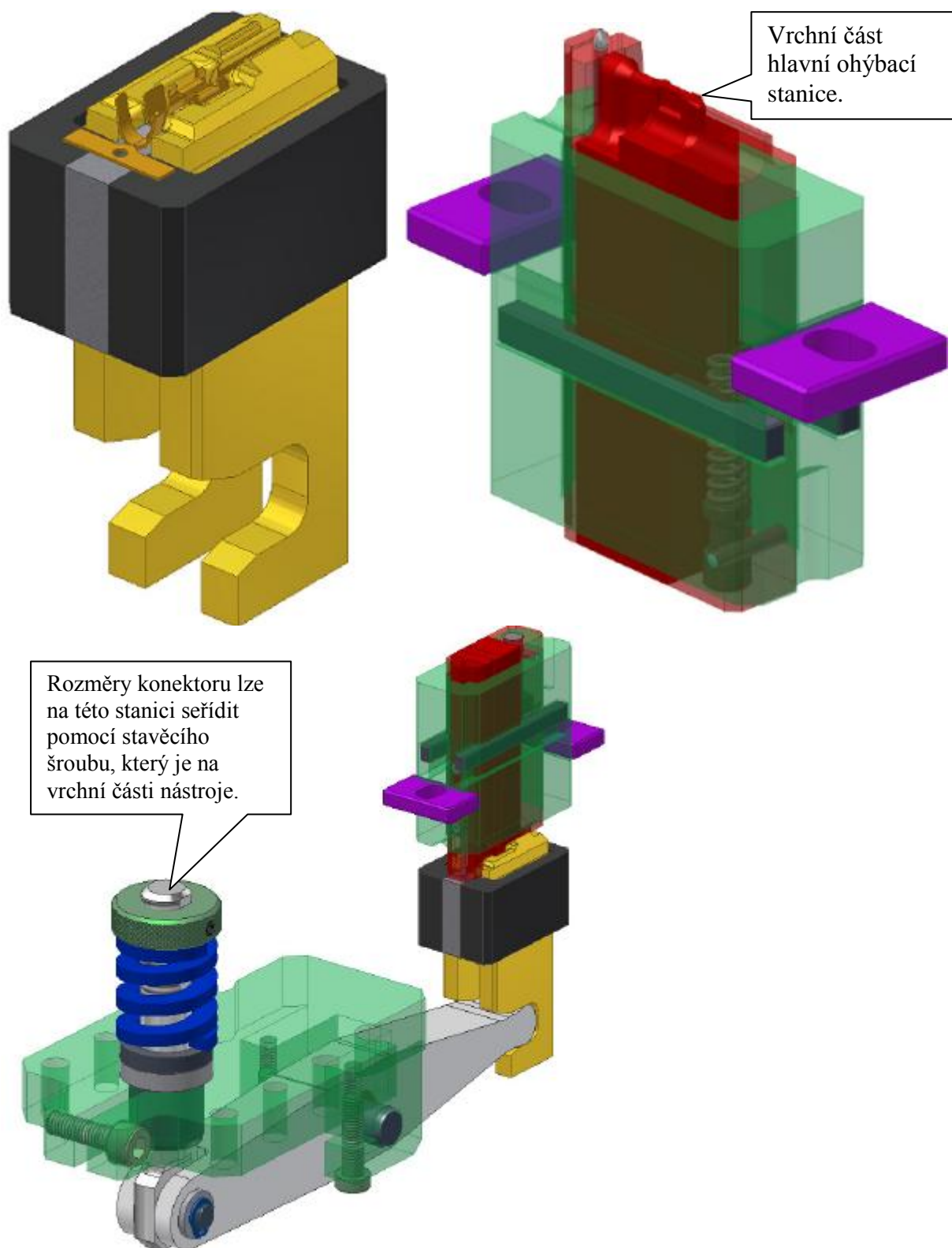
## PŘÍLOHA 4

Modul s hlavní ohýbací stanicí.



## PŘÍLOHA 5

Detail ohýbací stanice - spodní i horní část.



## PŘÍLOHA 6

Ukázka složitosti tvaru konektoru při velmi malých rozměrech.

